



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

CENTRO TECNOLÓGICO – CTC

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – ECV

MARCUS CORTINHAS DE CARVALHO

DIMENSIONAMENTO DA COBERTURA DE UM POSTO DE COMBUSTÍVEL

Florianópolis

2014

MARCUS CORTINHAS DE CARVALHO

DIMENSIONAMENTO DA COBERTURA DE UM POSTO DE COMBUSTÍVEL

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso Engenharia Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina para a obtenção do
grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Fleck Fadel
Miguel.

Florianópolis

2014

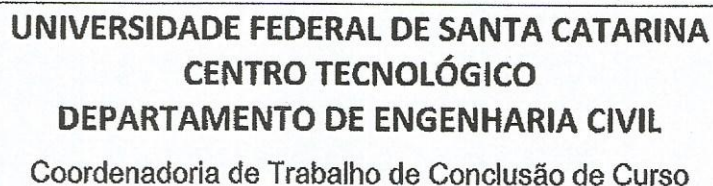
Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Carvalho, Marcus Cortinhas de
Dimensionamento da cobertura de um posto de combustivel
/ Marcus Cortinhas de Carvalho ; orientador, Leandro Fadel
Miguel - Florianópolis, SC, 2014.
243 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. dimensionamento estrutural . 3.
cobertura de um posto de combustivel. 4. estrutura
metálica. I. Fadel Miguel, Leandro. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil.
III. Título.



ASSINATURA: _____

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVO GERAL	7
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
2	REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	O AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	9
2.2	PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS ESTRUTURAIS.....	10
2.2.1	Propriedades físicas gerais.....	10
2.2.2	Ductilidade	11
2.2.3	Fragilidade	11
2.2.4	Resiliência e Tenacidade	11
2.2.5	Dureza	12
2.2.6	Fadiga.....	12
2.2.7	Corrosão	12
2.2.8	Tensões Residuais	13
2.3	ELABORAÇÃO DE UM PROJETO ESTRUTURAL.....	13
2.3.1	Método das Tensões Admissíveis	14
2.3.2	Método dos Estados Limites.....	15
2.3.3	Condições de segurança em estruturas metálicas	17
2.3.4	Ações.....	18
2.3.5	Combinações de ações	19
2.3.6	Resistências	21
2.3.7	Peças tracionadas	22
2.3.8	Peças comprimidas	24
2.3.9	Peças fletidas	27
3	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL	30
3.1	CARACTERÍSTICAS DO POSTO DE COMBUSTÍVEIS	30
3.2	LANÇAMENTO DA ESTRUTURA	30
3.3	CARREGAMENTOS	32
3.3.1	Permanente	33
3.3.2	Sobrecarga	33
3.3.3	Vento	33
3.4	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURA SECUNDÁRIA	41
3.4.1	Tapamento da cobertura	41

3.4.2	Terças.....	42
3.4.3	Tirantes	54
3.5	ANÁLISE DA ESTRUTURA PRINCIPAL.....	57
3.5.1	Treliça 01 e 04	58
3.5.2	Treliça 02 e 03	71
3.5.3	Treliça 05	74
3.5.4	Treliça 06	85
3.5.5	Treliça 07 e 08	100
3.5.6	Treliça 09, 10 e 11.....	107
3.5.7	Treliça 12, 13 e 14.....	126
3.5.8	Dimensionamento das colunas	145
3.5.9	Dimensionamento dos chumbadores e placa de base.....	153
4	CONCLUSÃO	156
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
	ANEXOS	159
	ANEXO A - Projeto Arquitetônico do Posto de Combustível.....	160
	ANEXO B – Catálogo Comercial de Telhas Metálicas.....	161
	ANEXO C – Catálogo Comercial de Perfis Metálicos.....	162
	APÊNDICES.....	163
	APÊNDICE A – Dimensionamento da Estrutura	164

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Valores dos coeficientes externos	37
Tabela 2 - Coeficientes de pressão	39
Tabela 3 - Coeficientes C_e	40
Tabela 4 - Esforços solicitantes.....	46
Tabela 5 - Verificação de combinação de esforço	52
Tabela 6 - Valores esforços solicitantes treliças 01 e 04	62
Tabela 7 - Esforços solíc.e cap. de resistência por barra Treliças 01, 02, 03 e 04	70
Tabela 8 - Valores esforços solicitantes treliças 02 e 03	73
Tabela 9 - Valores esforços solicitantes treliça 05	76
Tabela 10 - Esforços solíc.e cap. de resistência por barra Treliça 05	84
Tabela 11 - Valores esforços solicitantes treliça 06.....	87
Tabela 12 - Esforços solicitantes e cap. de resistência por barra Treliça 06	99
Tabela 13 - Valores esforços solicitantes treliças 07 e 08.....	102
Tabela 14 - Esforços solicitantes e cap. de resistência por barra Treliças 07 e 08..	106
Tabela 15 - Valores esforços solicitantes treliças 09, 10 e 11	109
Tabela 16 - Esforços solíc.e cap. de resistência por barra Treliças 09, 10 e 11	125
Tabela 17 - Valores esforços solicitantes treliças 12, 13 e 14	128
Tabela 18 - Esforços solíc. e cap. de resistência por barra Treliças 12, 13 e 14.....	144
Tabela 19 - Esforços solicitantes nas colunas	146
Tabela 20 - Verificação de combinações de esforços	152

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama tensão-deformação de um aço carbono.....	10
Figura 2 - Diagrama M_r vs λ	27
Figura 3 – Distribuição estrutural escolhida (vista superior).....	32
Figura 4 - Distribuição estrutural escolhida (vista frontal)	32
Figura 5 - Esquema demonstrativo barlavento	38
Figura 6 - Esquema demonstrativo sotavento	38
Figura 7 - Esquema demonstrativo barlavento	40
Figura 8 - Esquema demonstrativo sotavento	40
Figura 9 - Distribuição das terças e tirantes.....	43
Figura 10 - Disposição das terças com carregamento do vento.....	44
Figura 11 - Eixo de maior inércia	45
Figura 12 - Eixo de menor inércia	46
Figura 13 - Disposição dos tirantes (medidas em metros)	56
Figura 14 - distribuição treliças.....	57
Figura 15 - Esquema de distribuição de cargas.	58
Figura 16 - Carregamento F_{d1} Treliça 01 e 04	61
Figura 17 - Carregamento F_{d2} Treliça 01 e 04	61
Figura 18 - Carregamento F_{d3} Treliça 01 e 04	61
Figura 19 - Carregamento F_{d4} Treliça 01 e 04	61
Figura 20 - Treliça 01	62
Figura 21 - Carregamento F_{d1} Treliças 02 e 03	72
Figura 22 - Carregamento F_{d2} Treliças 02 e 03	73
Figura 23 - Carregamento F_{d3} Treliças 02 e 03	73
Figura 24 - Carregamento F_{d4} Treliças 02 e 03	73
Figura 25 - Carregamento F_{d1} Treliça 05	75
Figura 26 - Carregamento F_{d2} Treliça 05	75
Figura 27 - Carregamento F_{d3} Treliça 05	76
Figura 28 - Carregamento F_{d4} Treliça 05	76
Figura 29 - Carregamento F_{d1} Treliça 06	86

Figura 30 - Carregamento <i>Fd2</i> Trelença 06	87
Figura 31 - Carregamento <i>Fd3</i> Trelença 06	87
Figura 32 - Carregamento <i>Fd4</i> Trelença 06	87
Figura 33 - Carregamento <i>Fd1</i> Trelenças 07 e 08	101
Figura 34 - Carregamento <i>Fd2</i> Trelenças 07 e 08	101
Figura 35 - Carregamento <i>Fd3</i> Trelenças 07 e 08	102
Figura 36 - Carregamento <i>Fd4</i> Trelenças 07 e 08	102
Figura 37 - Carregamento <i>Fd1</i> Trelenças 09, 10 e 11	108
Figura 38 - Carregamento <i>Fd2</i> Trelenças 09, 10 e 11	108
Figura 39 - Carregamento <i>Fd3</i> Trelenças 09, 10 e 11	108
Figura 40 - Carregamento <i>Fd4</i> Trelenças 09, 10 e 11	109
Figura 41 - Carregamento <i>Fd1</i> Trelenças 12, 13 e 14.....	127
Figura 42 - Carregamento <i>Fd2</i> Trelenças 12, 13 e 14.....	127
Figura 43 - Carregamento <i>Fd3</i> Trelenças 12, 13 e 14.....	127
Figura 44 - Carregamento <i>Fd4</i> Trelenças 12, 13 e 14.....	128
Figura 45 - Placa de base e chumbadores.....	155

RESUMO

A alta resistência do aço em seus diversos estados de tensão agrega às estruturas metálicas o suporte a grandes esforços e vãos. Esta vantagem permite que, apesar da área relativamente pequena das suas seções e da densidade elevada, os elementos de aço de uma estrutura possam ser mais leves e esbeltos do que elementos de concreto armado. O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar o dimensionamento da estrutura metálica de cobertura de um posto de combustível. Com aproximadamente 395,00 m² de área, este empreendimento está localizado às margens da Rodovia BR-101, km 224+920m, no município de Palhoça - SC. De modo a suportar as solicitações de utilização, e garantir plenas condições de uso e integridade estrutural, o dimensionamento seguiu os cálculos indicados na norma NBR 8800/08 - Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios. Além do dimensionamento, também fazem parte deste trabalho a apresentação as pranchas de projetos, considerações teóricas e práticas, e memorial de cálculo.

Palavras-chave: Posto de combustível. Dimensionamento estrutural. Estrutura metálica.

1 INTRODUÇÃO

Largamente usado na construção civil, o aço pode estar presente como parte das obras ou como material principal. O sistema construtivo em aço permite liberdade no projeto de arquitetura, maior área útil, flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, racionalização de materiais e mão-de-obra, alívio de carga nas fundações, garantia de qualidade, maior organização nos canteiros de obras e precisão construtiva.

Com a finalidade de demonstrar parte do conhecimento adquirido durante o curso de Engenharia Civil, este trabalho apresenta o projeto estrutural de uma cobertura metálica de um posto de combustível, seu dimensionamento juntamente com o embasamento teórico que foi utilizado para o mesmo. São também apresentadas as pranchas com os desenhos e detalhamentos necessários para sua execução.

Para que a estrutura suporte as solicitações, as quais se encontra submetida durante sua vida útil, de maneira segura, foram seguidas as seguintes normas técnicas: NBR 8800/2008 - Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios, NBR 6120/1980 – Cargas para o Cálculo de estruturas de Edificações e NBR 6123/1988 – Forças Devidas ao Vento em Edificações.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo principal o dimensionamento de uma estrutura metálica, com base na norma brasileira de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (norma ABNT NBR 8800:2008) de um posto de combustível. Os elementos que compõem a estrutura serão treliças apoiadas em pilares de perfil laminado HP.

Esta edificação comercial será projetada para um terreno real localizado na Rodovia BR-101 Km 224 + 920m sentido Norte, no município de Palhoça – SC.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o projeto arquitetônico e realizar a concepção da estrutura metálica;
- Estudo dos tipos de elementos e ligações;

- Análise estrutural e dimensionamento final da estrutura, parte calculada com auxílio do software *Ftool* e o restante manualmente;
- Detalhamento das peças estruturais do projeto e elaboração das pranchas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Aço é uma liga de ferro e carbono, com dois tipos de elementos: elementos residuais decorrentes de do processo de fabricação, como fósforo, silício, enxofre e manganês, e elementos adicionados com o propósito de melhorar as características mecânicas e físicas do material denominados elementos de liga.

Em relação a composição química os aços podem ser classificados em aço carbono, contendo teor normal de elementos residuais, e aços liga, que são aços carbono acrescidos de elementos de liga ou apresentam altos teores de elementos residuais.

Quanto a sua aplicação, os aços podem ser classificados em muitas categorias, cada qual com sua característica (CHIAVERINI, 1996). Como exemplo, os aços estruturas, onde temos como requisito muito importante uma boa ductilidade, soldabilidade e homogeneidade, além de uma elevada relação entre tensão resistente e a de escoamento. Também importante é a resistência a corrosão, obtida com um pequeno acréscimo de cobre. Os aços carbono e os aços em baixo teor de liga ou microligados, ambos com baixo e médio teores de carbono são muito utilizados em estruturas. Aços estruturais com elevada resistência são obtidos por tratamentos térmicos ou por processos conformação.

O aço já era conhecido desde a antiguidade, mas somente após o surgimento de fornos que permitiram a produção em grande escala é que o aço pode substituir o ferro forjado e o ferro fundido. Por volta de 1880, foram introduzidos os laminadores de barras.

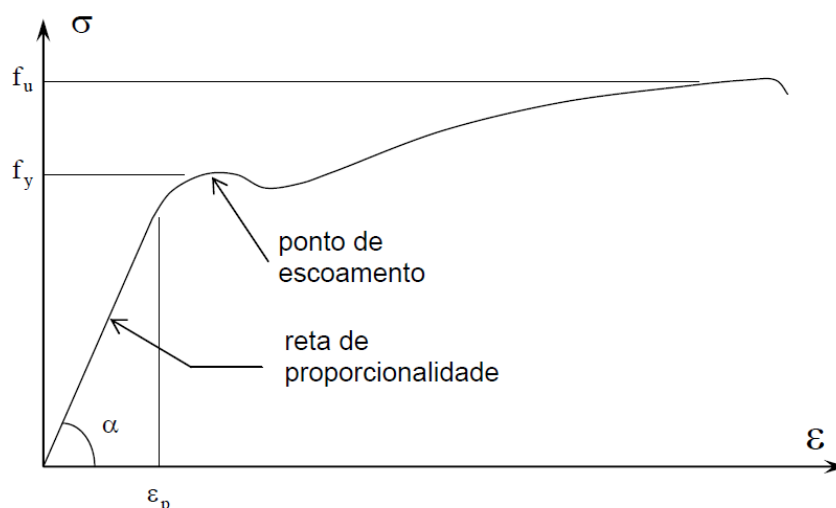
Utilizou-se nas construções, até meados do século XX, quase que exclusivamente o aço carbono com resistência à ruptura de cerca de 370Mpa. A partir de 1950 começa o crescimento na utilização de aços de maior resistência. Já o emprego de aços de baixa liga, com ou sem tratamento térmico só foi difundido a partir das décadas de 1960/70. Atualmente as grandes estruturas modernas contão com diversas categorias de aço, utilizando materiais de maior resistência em pontos com maiores tensões.

2.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS ESTRUTURAIS

Para entender como uma estrutura de aço vai se comportar é necessário que o calculista tenha conhecimento das características do aço empregado. O engenheiro estrutural deve ter sempre em mente o diagrama de tensão-deformação, pois com o mesmo, obtêm-se informações necessárias para entender como será o comportamento do aço em uma situação particular.

Na Figura 1, temos um exemplo típico de gráfico tensão-deformação de um aço carbono, podemos observar um trecho inicial linear (reta de proporcionalidade), pois o material ainda se encontra no regime elástico, um segundo trecho (patamar de escoamento), onde o material apresenta uma propriedade caracterizada pelo aumento da deformação com tensão constante, chamada escoamento ou cedência, por último encontra-se um trecho chamado de encruamento do aço, onde ocorre um aumento da deformação com um pequeno aumento de tensão. A fase de encruamento não tem importância prática para o projeto de estruturas metálicas a não ser para identificar o valor da tensão na qual o metal se rompe, chamada de tensão de ruptura f_u .

Figura 1 - Diagrama tensão-deformação de um aço carbono



2.2.1 Propriedades físicas gerais

Segundo a NBR 8800, as seguintes características físicas devem ser adotadas em todos os aços estruturais na faixa normal de temperaturas atmosféricas:

- Módulo de elasticidade ou Módulo de Young, $E = E_a = 200.000 \text{ MPa}$
- Coeficiente de Poisson, $\nu_a = 0,3$
- Módulo de elasticidade transversal, $G = 77.000 \text{ MPa}$
- Coeficiente de dilatação térmica, $\beta_a = 12 \times 10^{-6} \text{ por } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Peso específico, $\gamma_a = 77 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

2.2.2 Ductilidade

É a capacidade que o material tem em se deformar sob ação de carga. Quando sujeitos a tensões locais elevadas, aços dúcteis, sofrem deformações plásticas capazes de redistribuir as tensões. Este comportamento dúctil permite considerarmos uma distribuição de carga uniforme entre todos os parafusos de uma ligação parafusada. Considerando uma visão mais ampla da estrutura, esse comportamento plástico nos fornece avisos da atuação de cargas elevadas, gerando grandes deformações antes da ruptura da estrutura.

2.2.3 Fragilidade

É o oposto da ductilidade. Baixas temperaturas ambientes, efeitos térmicos locais causados, por exemplo, por solda elétrica podem fazer com que o aço torne-se frágil.

Materiais frágeis se rompem bruscamente, sem aviso prévio, por tanto é de grande importância o estudo das condições em que os aços tornam-se frágeis. Inúmeros acidentes com navios e pontes foram provocados pela fragilidade do aço proveniente de procedimentos inadequado de solda (PFEIL; PFEIL, 2009).

2.2.4 Resiliência e Tenacidade

Estas duas propriedades podem ser definidas com a assistência do diagrama tensão-deformação, e estão relacionadas com a capacidade do metal de absorver energia mecânica.

É denominado módulo de resiliência ou simplesmente resiliência a quantidade de energia elástica que pode ser absorvida por unidade de volume do metal tracionado (PFEIL; PFEIL, 2009). Por tanto, é a capacidade que o metal tem de devolver a energia mecânica absorvida durante o regime elástico. No diagrama tensão-deformação a resiliência é a área do diagrama até o limite de proporcionalidade.

Já a tenacidade é a energia total, tanto elástica quanto plástica, absorvida por unidade de volume até a ruptura do metal. A tenacidade é representada no diagrama tensão-deformação pela área total.

2.2.5 Dureza

É a capacidade do aço de resistir a risco ou abrasão. A dureza é medida pela resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza.

2.2.6 Fadiga

Ruptura de peças metálicas com tensões menores que as obtidas em ensaios estáticos, podem ocorrer quando as mesmas trabalham sob efeito de esforços repetitivos em grande número. Este efeito é chamado de fadiga do metal.

Pontos de concentração de tensões, por exemplo, variação brusca na forma da seção, uniões por soldas e redução da seção por corrosão, reduzem a resistência à fadiga de uma determinada peça metálica.

2.2.7 Corrosão

É a reação do aço com alguns elementos encontrados no ambiente em que o mesmo está exposto. A corrosão promove a perda de seção das peças, podendo levar a peça em questão ao colapso.

As maneiras mais usadas para proteção dos aços contra a corrosão são a pintura e a galvanização.

A adição de cobre na composição química do aço aumenta sua resistência à corrosão atmosférica (PFEIL; PFEIL, 2009). O aço resiste à corrosão, ao ser exposto ao ar, desenvolve uma película (pátina) produzida pela própria corrosão, que se transforma em uma barreira reduzindo a evolução do processo.

2.2.8 Tensões Residuais

São as tensões que permanecem nos elementos metálicos depois da laminação. Quando resfriados de maneira desigual, perfis metálicos laminados a quente, podem apresentar tensões residuais, tendo em vista que a parte central da peça resfria mais lentamente que as partes mais próximas às extremidades.

A ocorrência de tensões residuais acelera o comportamento inelástico quando cargas são aplicadas a elementos estruturais, ou seja, antes de tensões nominais atingirem o patamar de escoamento, tensões de escoamento ocorrem em partes localizadas do membro estrutural. Por causa da ductilidade do aço, em elementos tracionados, os efeitos das tensões residuais não são significativos. Tensões residuais não tem efeito no momento resistente para elementos fletidos compactos, entretanto, para elementos fletidos esbeltos o momento resistente deve ser levado em consideração. Já para membros ideais ou perfeitos comprimidos, as tensões residuais proporcionam uma queda da carga crítica teórica de Euler, e para isso a norma utiliza o conceito de curvas de flambagem.

2.3 ELABORAÇÃO DE UM PROJETO ESTRUTURAL

Os objetivos de um projeto estrutural são:

- Garantia de segurança estrutural evitando-se o colapso da estrutura.
- Garantia de bom desempenho da estrutura evitando-se a ocorrência de grandes deslocamentos, vibrações, danos locais.

O projeto estrutural pode ser resumido em três etapas principais. Projeto básico ou anteprojeto, onde é realizado um estudo para definir o sistema estrutural, materiais a serem utilizados e o sistema construtivo. Cálculo estrutural ou

dimensionamento, nesta etapa é dimensionado a estrutura e também suas ligações, tendo sempre como meta garantir um bom desempenho da estrutura e sua segurança. Por último, mas não menos importante, o detalhamento, desenhos executivos da estrutura contendo as especificações de todos os seus componentes (PFEIL; PFEIL, 2009).

Nas fases de dimensionamento e detalhamento, um grande número de regras e de recomendações devem ser seguidas, além dos conhecimentos de resistência dos materiais e análise estrutural (PFEIL; PFEIL, 2009). Como exemplo de regras e de recomendações temos: critérios de segurança, regras executivas, limites de tolerâncias para imperfeições na execução, padrões de testes para caracterização dos materiais e limites dos valores de características mecânicas, definição de níveis de carga que representem a situação mais desfavorável, entre outras. Atualmente podemos encontrar um número grande de normas que nos oferecem as exigências mínimas para o projeto de estruturas seguras. As normas são um conjunto de documentos oficiais para cada tipo de estrutura, onde existem regras e especificações utilizadas por todos os engenheiros na elaboração dos projetos.

Até meados da década de 1980, para calcular as dimensões da estrutura, o critério utilizado era o Método de Tensões Admissíveis. De maneira gradativa, o Método dos Coeficientes Parciais, que no Brasil é conhecido como Método dos Estados Limites, passou a ser utilizado.

2.3.1 Método das Tensões Admissíveis

O dimensionamento de estruturas metálicas utilizando este método teve início nos desenvolvimentos de Resistência dos Materiais em regime elástico. Segundo o método das tensões admissíveis, quando a máxima tensão solicitada σ em cada seção é inferior a uma tensão resistente reduzida por um coeficiente de segurança γ o dimensionamento é considerado satisfatório.

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm} , \quad (01)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{\gamma} , \quad (02)$$

Onde, σ_{adm} é a tensão admissível, f_{yk} é a tensão de escoamento ou tensão resistente, γ é o coeficiente de segurança (que deve ser maior que a unidade) e σ_{max} é tensão máxima.

A tensão máxima é calculada a partir dos esforços solicitantes (momento fletor, esforço normal, entre outros) que são obtidos a partir da análise em regime elástico da estrutura para cargas em serviço.

O Método das Tensões Admissíveis possui limitações (PFEIL; PFEIL, 2009):

- Utiliza-se de um único coeficiente de segurança para expressar todas as incertezas, independentemente de sua origem. Por exemplo, em geral a incerteza quanto a um valor especificado de carga de peso próprio é menor que a incerteza associada a uma carga proveniente do uso da estrutura.
- Em sua origem o método previa a análise estrutural em regime elástico com o limite de resistência associado ao início de plastificação da seção mais solicitada. Não se consideravam reservas de resistência existentes após o início da plastificação, nem a redistribuição de momentos fletores causada pela plastificação de uma ou mais seções de estrutura hiperestática.

2.3.2 Método dos Estados Limites

Este método tem com essência a resposta de uma estrutura perante a um determinado carregamento. A resposta de tal estrutura dependerá da rigidez e resistência e também do tipo e magnitude das ações aplicadas. Entretanto somente será considerado satisfatório quando esta resposta não ultrapasse limites de esforços, deformações, deslocamentos ou tensões. Estes limites são conhecidos como estados limites e são pré-determinados por normas.

De acordo com a norma NBR 8681 (Ações e segurança nas estruturas - Procedimentos), os estados limites de uma estrutura são aqueles a partir dos quais a estrutura apresenta desempenho inadequado a finalidade da construção. Portanto, dependendo do material utilizado na estrutura, certos valores limites devem ser respeitados para que as deformações, deslocamentos e esforços não excederem os limites estabelecidos por norma.

Os estados limites podem ser divididos em dois: estados limites últimos e estados limites de serviço.

- Estados limites últimos (ELU).

Estes estão associados a acontecimentos externos, cargas excessivas, e podem levar a estrutura ao colapso parcial ou total. Em estruturas metálicas os estados limites últimos podem ser oriundos de um ou mais dos seguintes fatores: ruptura por fadiga, ruptura de uma ligação ou seção, perda de equilíbrio como corpo rígido, plastificação total de um elemento estrutural ou de uma seção, flambagem de barras como um todo, entre outros.

- Estados limites de utilização ou de serviço (ELS).

Uma estrutura metálica deve satisfazer as funções a que se destina, logo ao dimensionar tal estrutura, é necessário verificar o comportamento de mesma sob a ação das cargas em serviço, é o que se faz com os estados limites de utilização.

Deve-se, por exemplo, evitar sensações de insegurança dos usuários de uma construção na presença de deslocamentos ou vibrações excessivas, ou também prejuízos a componentes não estruturais, tais como esquadrias ou alvenarias.

Os estados limites de serviços podem ser oriundos de um ou mais dos seguintes fatores: vibrações excessivas; deslocamentos ou deformações excessivas que afetam a utilização normal da estrutura; pequenos danos que comprometam o aspecto estético ou a durabilidade da estrutura.

Para que a estrutura atenda aos objetivos para os quais foi projetada, a norma NBR 8800/08 estabelece que para o método dos estados limites o dimensionamento de uma estrutura exige que nenhum estado limite aplicável seja excedido quando a estrutura for submetida a todas as combinações apropriadas de ações.

Na hora de aplicar este método os seguintes aspectos devem ser considerados:

- a) reconhecimento de todos os estados limites, por tanto, identificar as maneiras pelas quais a estrutura poderia deixar de preencher os requisitos para os quais foi projetada e modos possíveis de que a mesma entre em colapso.
- b) determinar para cada estado limite os níveis aceitáveis de segurança, assegurando que os mesmos não ocorram.
- c) a consideração, pelo calculista da estrutura, dos estados limites significativos.

Para projetos de edifícios mais corriqueiros, os pontos (a) e (b) são cobertos pelas normas, onde são indicados os estados limites que devem ser considerados. Logo, para as estruturas comuns, o calculista é responsável pelo item (c), frequentemente começando pelo estado limite mais crítico.

A principal dificuldade de segurança estrutural é garantir que a resistência da estrutura seja suficiente para suportar os efeitos ou solicitações da máxima ação ou combinação de ações que a estrutura pode suportar durante a fase de construção e toda sua vida útil.

Na prática, o processo de verificação é o inverso e tem por base o conceito dos valores de cálculo dos esforços atuantes, representados pela variável S_d , e no conceito das resistências de cálculos, representadas pela variável R_d . O caráter semi-probabilístico da verificação da segurança é introduzido quando é executada a transformação dos valores característicos das ações e das resistências representados por S_k e R_k , por meio dos coeficientes de majoração e de ponderação respectivos transformando-os nos valores de cálculo, tanto de S_d como de R_d .

A determinação dos valores destes coeficientes é feita por meio de uma distribuição normal de probabilidade, como ilustrado na figura anterior, onde as ações foram afetadas pelo coeficiente γ_f e as resistências pelo fator γ_m , coeficientes estes obtidos por considerações probabilísticas para cada tipo de estado limite e geralmente como produtos de coeficientes parciais.

2.3.3 Condições de segurança em estruturas metálicas

Para projetos de estruturas metálicas no Brasil, as normas NBR 8681:2004, NBR 8800:2008 e NBR 14762 estipulam os seguintes procedimentos para a introdução de segurança, condicionando valores para os coeficientes de majoração das solicitações, tipos e características das combinações destas ações e também para os coeficientes de majoração das resistências, para cada caso de solicitação.

- Condições relativas aos estados limites últimos (ELU): $R_d \geq S_d$
- Condições relativas aos estados limites de serviço (ELS): $S_{ser} \leq S_{lim}$

2.3.4 Ações

2.3.4.1 Ações permanentes diretas

As ações permanentes diretas são constituídas pelo peso próprio da estrutura e pelos pesos dos elementos construtivos fixos, instalações permanentes, os empuxos permanentes, causados por terra e de outros materiais granulosos quando admitidos não removíveis.

2.3.4.2 Ações permanentes indiretas

As ações permanentes indiretas são constituídas pelas deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio e imperfeições geométricas.

2.3.4.3 Ações variáveis

Ações variáveis ocorrem com valores que apresentam variações significativas durante a vida útil da construção, como sobrecargas em pisos e coberturas, equipamentos, divisórias, móveis, ação do vento e variação de temperatura.

2.3.4.4 Ações excepcionais

Ações excepcionais são as que têm duração extremamente curta e probabilidade muito baixa de ocorrência durante a vida da construção, como explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes e sismos excepcionais.

2.3.4.5 Coeficientes de ponderação das ações

As ações devem ser majoradas pelo coeficiente de ponderação γ_f , dado por:

$$\gamma_f = \gamma_{f1}\gamma_{f2}\gamma_{f3} , \quad (03)$$

Onde:

γ_{f1} é a parcela do coeficiente que considera a variabilidade das ações;

γ_{f2} é a parcela do coeficiente que considera a simultaneidade de atuação das ações;

γ_{f3} é a parcela do coeficiente que considera os possíveis erros de avaliação dos efeitos das ações.

2.3.5 Combinações de ações

De acordo com a norma NBR8800/2008, um carregamento é feito pela combinação das ações que têm probabilidade não desprezáveis de atuarem simultaneamente sobre as estruturas, durante um período preestabelecido.

A combinação das ações deve ser feita de forma que possam ser determinados os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura; a verificação dos estados limites últimos e dos estados limites de serviço deve ser realizada em função de combinações últimas e combinações de serviço, respectivamente.

2.3.5.1 Combinações últimas

As combinações últimas são classificadas em normal, especial, de construção e excepcional.

- Combinação última normal

As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação e aplica-se a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k}) , \quad (04)$$

Onde:

$F_{Gi,k}$ são os valores característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ é o valor característico da ação variável considerada como principal;

$F_{Qj,k}$ valores característicos das ações variáveis simultâneas com a ação principal.

- Combinações últimas especiais

Aplica-se a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k}) , \quad (05)$$

Onde:

$F_{Gi,k}$ são os valores característicos das ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ é o valor característico da ação variável especial;

$F_{Qj,k}$ representa os valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável especial;

$\psi_{0j,ef}$ representa os fatores de combinação efetivos de cada uma das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável especial F_{Q1} .

- Combinações últimas excepcionais

Aplica-se a seguinte expressão:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exe} + \sum_{j=1}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k}) , \quad (06)$$

Onde:

$F_{Q,exe}$ é o valor da ação transitória excepcional.

2.3.5.2 Combinações de serviço

As combinações de serviço são classificadas em quase permanente, frequentes e raras de acordo com o tempo de permanência na estrutura.

- Combinações quase permanentes de serviço

São as que atuam durante grande parte da vida da estrutura, acima da metade desse período.

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k}) , \quad (07)$$

- Combinações frequentes de serviço

São aquelas que se repetem muitas vezes durante o período de vida da estrutura, de 10^5 vezes em 50 anos, ou que tenham duração total igual a uma parte não desprezível desse período, da ordem de 5%.

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_2 F_{Qj,k}) , \quad (08)$$

- Combinações raras de serviço

As combinações raras são aquelas que podem atuar no máximo algumas horas durante o período de vida da estrutura.

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_j F_{Qj,k}) , \quad (09)$$

2.3.6 Resistências

2.3.6.1 Valores característicos

As resistências dos materiais são representadas pelos valores característicos f_k , definidos como aqueles que, num lote de material, têm determinada probabilidade de serem ultrapassados, no sentido desfavorável para a segurança e é admitida como sendo o valor que tem apenas 5% de probabilidade de não ser atingido pelos do lote de material.

2.3.6.2 Valores de cálculo

A resistência de cálculo f_d de um material é definida como:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} , \quad (10)$$

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \gamma_{m2} \gamma_{m3} , \quad (11)$$

Onde:

f_k é a resistência característica ou nominal;

γ_m é o coeficiente de ponderação da resistência ;

γ_{m1} é a parcela do coeficiente que considera a variabilidade da resistência dos materiais envolvidos;

γ_{m2} é a parcela do coeficiente que considera a diferença entre a resistência do material no corpo-de-prova e na estrutura;

γ_{m3} é a parcela do coeficiente que considera os desvios gerados na construção e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista das resistências.

- Coeficientes de ponderação das resistências no estado limite ultimo (ELU)

Os valores dos coeficientes de ponderação das resistências γ_m , representados por γ_a , γ_c e γ_s , são dados na tabela 3 da NBR 8800/2008. No caso do aço estrutural, são definidos dois coeficientes, γ_{a1} e γ_{a2} , o primeiro para estados limites últimos relacionados a escoamento e instabilidade e o segundo à ruptura.

- Coeficientes de ponderação das resistências no estado limite de serviço (ELS)

Para os estados limites de serviço: $\gamma_m = 1,00$

2.3.7 Peças tracionadas

São chamadas de peças tracionadas as peças que estão sujeitas à solicitação de tração axial, ou traça simples. Pode-se encontrar peças tracionadas em estruturas sob diversas formas:

- Contraventamentos de tores (estais);
- Tirantes de vigas armadas;
- Barras tracionadas de treliças;
- Tirantes ou pendurais;
- Travejamentos de vigas ou colunas, geralmente com dois tirantes em forma de X.

2.3.7.1 Comportamento de peças tracionadas

Segundo Fadel e Carqueja (2012), barras tracionadas de aço com seção transversal uniforme comportam-se de forma muito semelhante ao modelo teórico, podendo-se geralmente admitir que as tensões se distribuam uniformemente nas seções transversais. Neste caso, uma barra solicitada à tração pode ser analisada como se faz com um corpo de prova no ensaio de tração. Enquanto as tensões não atingem o limite de proporcionalidade, o material tem um comportamento semelhante ao teórico elástico clássico da mecânica dos sólidos.

Devido ao esforço normal de tração (N), em peças tracionadas, as tensões normais (σ_N) são somadas as tensões residuais (σ_r) e cuja resultante é nula

em cada seção. Com o aumento da força de tração ocorre a plastificação progressiva da seção.

A presença de furos, em ligações, é bastante comum e provocam concentração de tensões, o mesmo ocorre quando a seção transversal varia de forma brusca.

As tensões aumentam diretamente com as deformações, enquanto estiverem dentro do limite elástico e sua distribuição ocorre de forma não uniforme, apresentando maiores tensões nas fibras próximas ao furo.

2.3.7.2 Dimensionamento conforme NBR8800/2008

- Estados limites últimos (ELU)

Para Estado Limite Último (ELU), o dimensionamento deve atender o item 5.2 na NBR8800/2008:

$$N_{t,Sd} \leq N_{t,Rd} , \quad (12)$$

onde:

$N_{t,Sd}$ é o esforço de calcula na barra;

$N_{t,Rd}$ é o esforço resistente, menor dos dois valores.

a) Para escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} , \quad (13)$$

b) Para ruptura da seção líquida:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} , \quad (14)$$

onde:

f_y é a resistência ao escoamento do aço;

f_u é a resistência à ruptura do aço;

$\gamma_{a1} = 1,10$, coeficiente de ponderação da resistência relacionado a escoamento, flambagem e instabilidade;

$\gamma_{a2} = 1,35$, coeficiente de ponderação da resistência relacionado a ruptura;

A_g é a área bruta da seção transversal da barra;

A_e é a área líquida efetiva da seção transversal da barra;

$$A_e = C_t \cdot A_n \quad , \quad (15)$$

Cálculo da área líquida A_n - A área líquida A_n de uma seção transversal qualquer de uma barra deve ser calculada pela soma dos produtos da espessura pela largura líquida de cada elemento, medida na direção normal ao eixo da barra.

- Estado limite de serviço (ELS)

Para ELS recomenda-se limitar a flexibilidade das peças (por exemplo: vibração, deslocamento excessivo de peças de travamentos em X, etc.) por meio da seguinte restrição:

$$\lambda = \frac{l}{r} \leq 300 \quad , \quad (16)$$

Onde:

r é o raio de giração;

l o comprimento não-travado da peça na direção em que se tomar r .

2.3.8 Peças comprimidas

Peças comprimidas axialmente podem ser encontradas em componentes de treliça, sistemas de travejamento e em pilares de sistemas contraventados de edifícios com ligações rotuladas.

Ao contrário do esforço de tração que tende a retificar as peças reduzindo o efeito de curvaturas iniciais existentes, o esforço de compressão tende a acentuar esse efeito (PFEIL; PFEIL, 2009). Os deslocamentos laterais produzidos compõem o processo conhecido com flambagem por flexão que em geral reduz a capacidade de cada peça em relação ao caso da peça tracionada.

As chapas componentes de um perfil comprimido podem estar sujeitas à flambagem local, que é uma instabilidade caracterizada pelo aparecimento de deslocamentos transversais à chapa, na forma de ondulações. A ocorrência da flambagem local depende da esbeltez da chapa $\frac{b}{t}$.

Dimensionamento conforme a norma NBR 8800/2008

No dimensionamento, a seguinte condição deve ser atendida:

$$N_{c,Sd} = N_{c,Rd} \quad , \quad (17)$$

onde:

$N_{c,Sd}$ é a força axial de compressão de cálculo;

$N_{c,Rd}$ é a força axial de compressão resistente de cálculo.

a) Determinação da força axial de cálculo.

$$N_{c,Rd} = \frac{xQA_gf_y}{\gamma_{a1}} \quad , \quad (18)$$

onde:

x é o fator de redução associado a resistência à compressão;

$Q = Q_s \cdot Q_a - A_g$ é a área bruta da seção transversal da barra;

$\gamma_{a1} = 1,10$, coeficiente de ponderação da resistência relacionado ao escoamento;

A_g é a área bruta da seção transversal;

f_y é a tensão de escoamento.

b) Fator de redução.

O fator de redução associado à compressão, x , é dado por:

- Para $\lambda_0 \leq 1,5$: $x = 0,658\lambda_0^2$
- Para $\lambda_0 > 1,5$: $x = \frac{0,877}{\lambda_0^2}$

onde λ_0 é o índice esbeltez reduzido obtido a partir da formula abaixo:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{QA_gf_y}{N_e}} \quad , \quad (19)$$

N_e é a força axial flambagem elástica.

O índice de esbeltez das barras comprimidas é tomado como a maior relação entre o produto KL e o raio de giração correspondente r , portanto $\frac{KL}{r}$, onde k é o coeficiente de flambagem e L é o comprimento destravado, não deve ser superior a 200.

c) Força normal de flambagem global elástica N_e

A força normal elástica de um perfil com dupla simetria ou simétrico em relação a um ponto é dada pelo menor valor obtido com a aplicação das equações abaixo:

- flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia x :

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad , \quad (20)$$

- flambagem por flexão em relação ao eixo principal de inércia y :

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad , \quad (21)$$

- flambagem por flexo- torção em relação ao eixo longitudinal z :

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right] \quad , \quad (22)$$

onde:

$K_x L_x$ é o comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo x ;

I_x é o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo x ;

$K_y L_y$ é o comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo y ;

I_y é o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo y ;

$K_z L_z$ é comprimento de flambagem por torção, E é o módulo de elasticidade de aço.

O raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção, r_0 , é dado por:

$$r_0 = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)} \quad , \quad (23)$$

2.3.9 Peças fletidas

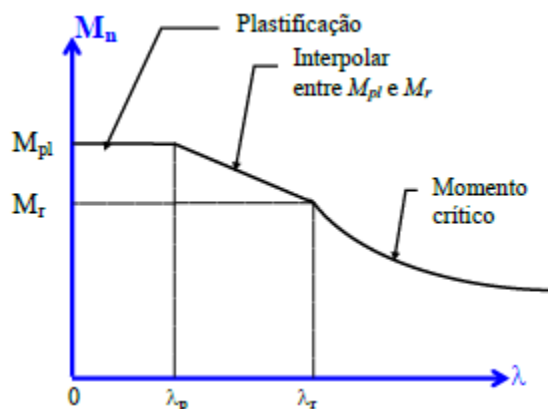
De acordo com Fadel e Carqueja, barras fletidas são barras submetidas a cargas transversais ao seu eixo longitudinal, sujeitas ao momento fletor e esforço cortante. A resistência ao momento fletor das vigas pode ser afetada pela flambagem local da mesa (FLM), pela flambagem local da alma (FLA) e pela flambagem lateral com torção (FLT).

- Flambagem local – quando ocorre a perda de estabilidade das chapas comprimidas do perfil, a qual reduz o momento resistente da seção.
- Flambagem lateral com torção – é quando a viga perde seu equilíbrio no plano principal de flexão e passa a apresentar deslocamentos laterais e rotações de torção.

2.3.9.1 Dimensionamento conforme a norma NBR 8800/2008

Para o cálculo do momento resistente da viga a norma admite 3 regiões, como mostra a figura abaixo.

Figura 2 - Diagrama M_r vs λ



Fonte: Fadel e Carqueja (2012).

- **Vigas curtas** ($\lambda \leq \lambda_p$): há a plastificação total da seção sem que ocorra flateral. Para este caso o momento resistente é obtido através da equação:

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{z \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad , \quad (24)$$

- **Vigas longas** ($\lambda > \lambda_r$): ocorre flambagem lateral antes que as fibras mais solicitadas atinjam a tensão de escoamento, onde o momento resistente é obtido através da equação:

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} \quad , \quad (25)$$

- **Vigas intermediárias** ($\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$): o limite de resistência desta viga é a flambagem lateral inelástica, isto é, a flambagem lateral ocorre simultaneamente ao escoamento de algumas fibras de seção, em que o momento resistente é obtido através da equação:

$$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda - \lambda_r} \right] \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} \quad , \quad (26)$$

C_b é um fator de modificação para diagrama de momento fletor resistente, tratado no item 5.4.2.3 da NBR 8800/2008.

2.3.9.1.1 Resistência ao esforço cortante

A resistência dos materiais fornece a seguinte expressão para determinar a tensão de cisalhamento em casos de flexão simples:

$$\tau = f_v = \frac{VM_s}{bI} \quad , \quad (27)$$

onde:

V – cortante na seção;

M_s – momento estático da área acima da linha em estudo, em relação a linha neutra da seção;

b – espessura da seção na linha de estudo;

I – momento de inércia da seção em relação ao eixo de flexão.

2.3.9.1.2 Tensão de escoamento, ou de plastificação

Para cisalhamento puro, o critério da energia de distorção, ou de Von Mises, fornece:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + \sigma_1^2 + \sigma_2^2 = 2f_y^2 \quad , \quad (28)$$

Considerando $\sigma_1 = f_y$ é a tensão de cisalhamento obtida em ensaio simples de cisalhamento puro e assumindo como tensão principal, e $\sigma_2 = -f_y$ obtém-se: $6f_{vy}^2 = 2f_y^2$ e $f_v = 0.58f_y$, costuma ser utilizado: $f_v = 0.6f_y$.

2.3.9.1.3 Flambagem por cisalhamento

As chapas submetidas ao cisalhamento puro apresentam flambagem elástica quando:

$$f_v \geq K_v f_e \quad , \quad (29)$$

onde:

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{12(1-\mu^2)\lambda^2} \quad , \quad (30)$$

$K_v = 5,0$ quando $a/h < 3,0$;

$K_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$ para os demais casos.

Dentro do mesmo procedimentos obtém-se: $\lambda_r \cong 1,37 \sqrt{\frac{kE}{f_y}}$ onde foi assumido: $f_{vp} = f_{vy} - f_{vr} = 0,8f_{vy}$ (proporcionalmente) sabendo também que:

$$f_{v,cr}^{inelastico} \cong \sqrt{0,8f_{vy}f_{cre}} \text{ encontra-se: } \lambda_p \cong 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{f_v}}.$$

Assim, quando:

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow V_n = V_{pl} = 0,6A_w f_y \quad , \quad (31)$$

$$\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \rightarrow V_n = \frac{\lambda_p}{\lambda} V_{pl} \quad , \quad (32)$$

$$\lambda > \lambda_r \rightarrow 1,24 \left(\frac{\lambda_p}{\lambda}\right)^2 V_{pl} \quad , \quad (33)$$

3 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

3.1 CARACTERÍSTICAS DO POSTO DE COMBUSTÍVEIS

A estrutura a ser dimensionada possui as seguintes características:

- Obra: Posto de combustíveis – Posto Galo.
- Localidade: Rodovia BR-101 Km 224 + 920m sentido Norte, Palhoça – SC.
- Dimensões gerais da estrutura:
 - Comprimento: 29,00 m
 - Largura: 19,95 m
 - Altura: 5,50 m

3.2 LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

O projeto estrutural é a sequência natural do projeto arquitetônico. O projeto arquitetônico é onde são delineados o estudo da obra, sua finalidade e sua composição. Inicia-se o projeto estrutural exatamente pela análise do projeto arquitetônico, seguido pela concepção estrutural, análise de cargas e distribuição das peças estruturais.

O lançamento de uma estrutura, ou concepção estrutural, é a escolha de um sistema estrutural que constitua a parte resistente de um edifício. Implica na escolha dos elementos que comporão a estrutura, assim como na determinação dos esforços atuantes. A solução estrutural deverá atender aos requisitos arquitetônicos, o bom desempenho estrutural e as verificações conforme indicações das normas pertinentes.

É preciso estabelecer uma regra coerente de trabalho a fim de obter uma linha racional e natural na análise do projeto. Os princípios que envolvem um projeto estrutural de uma estrutura metálica devem obedecer ao seguinte esquema geral:

a) Análise do projeto arquitetônico:

- Dimensões de edificação;
- Características da edificação;
- Cobertura;

- Características gerais da estrutura proposta.

Outras considerações que devem ser observadas são em relação à altura do edifício (pé-direito), composição das alvenarias de vedação, telhas de tapamento da cobertura e dos fechamentos laterais; aberturas fixas nas faces frontais e laterais tais como portas, janelas ou ventilações de qualquer espécie.

b) Pré-análise estrutural:

- Tipo de utilização;
- Localização da obra;
- Descrição geral;
- Normas a serem seguidas;
- Tipo de materiais a serem utilizados na obra, entre outros.

Sendo assim, apresenta-se uma breve descrição da obra e um esquema da distribuição estrutural escolhida, conforme figuras 3 e 4. Cabe salientar que o projeto arquitetônico encontra-se no Anexo A.

Descrição do projeto:

- Tipo de obra: Estrutura metálica de cobertura. (cobertura posto de combustíveis);
- Vão entre eixos de colunas: 10 metros (eixo X);
- Vão entre eixos das colunas e edificação principal: 14,98 metros (eixo Y);
- Trechos da cobertura em balaço;
- Cobertura em chapa de aço galvanizado.
- Normas: NBR 6123 - Forças Devido ao Vento em Edificações, NBR 6120 – Cargas para Cálculos de Estruturas e NBR 8800 – Projetos de Estruturas de Aço e de Estrutura Mista de Aço e Concreto de Edifícios.

Figura 3 – Distribuição estrutural escolhida (vista superior)

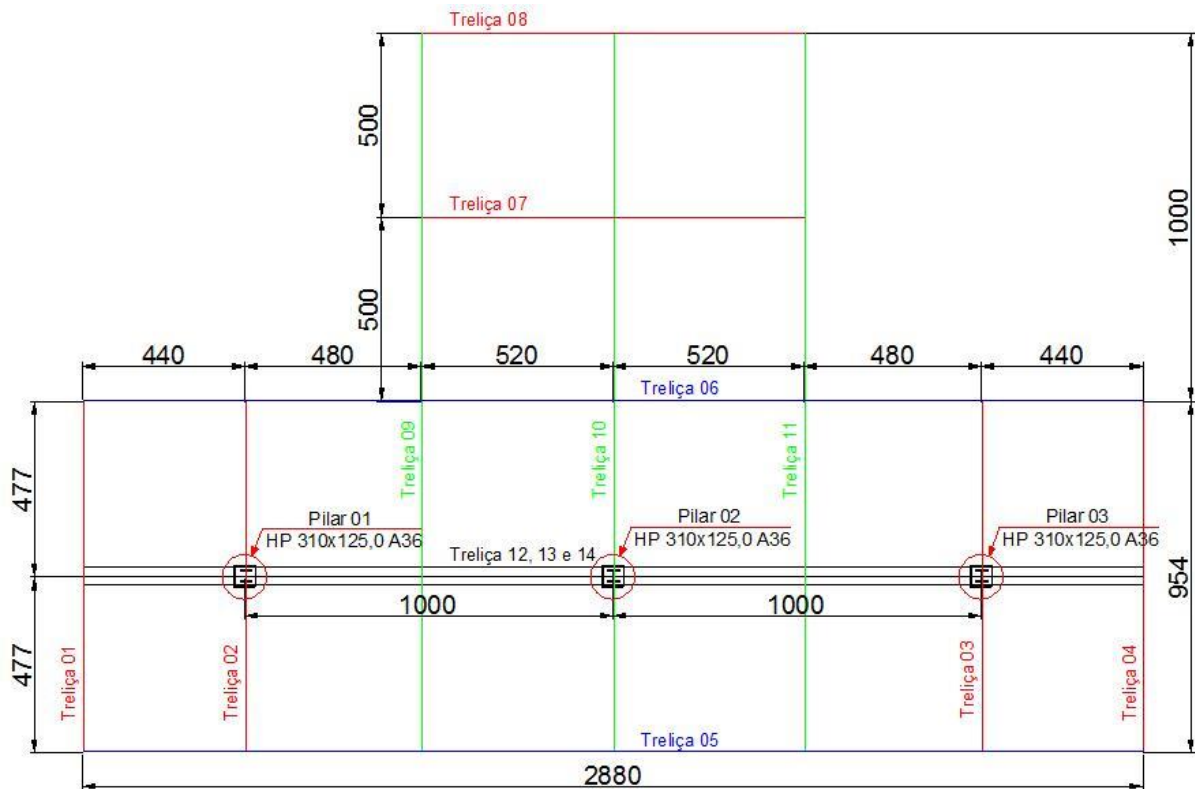
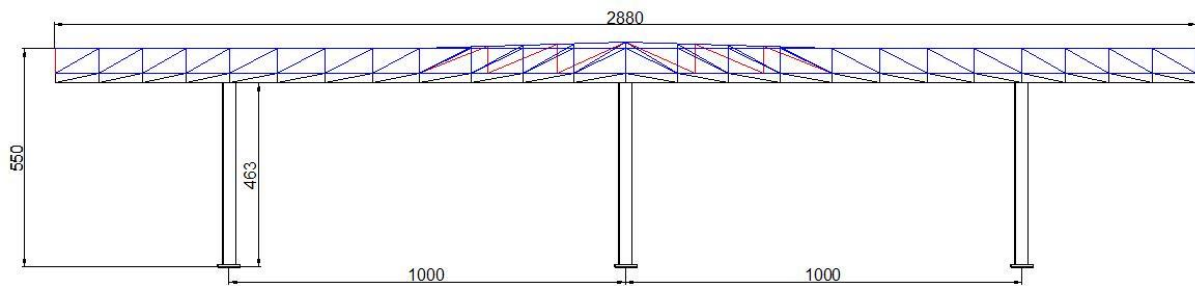


Figura 4 - Distribuição estrutural escolhida (vista frontal)



3.3 CARREGAMENTOS

Tanto ações verticais como ações horizontais devem ser resistidas pelo sistema estrutural de um edifício. Tais ações são geradas por cargas, que podemos classificar como permanentes e variáveis dependendo das circunstâncias que se encontram as mesmas. Podemos também combina-las mediante a sua ocorrência durante a vida da construção em combinação normal, especial, excepcional e de construção.

- Combinação normal: é em função do uso que se pretende dar a obra;

- Combinação especial: é transitório e de pequena duração;
- Combinação excepcional: provem de ações excepcionais de duração extremamente curta, muitas vezes de efeitos catastróficos;
- Combinação de construção: refere-se à fase de execução da obra, ao termino desta etapa, cessam os carregamentos que também são transitórios.

3.3.1 Permanente

É formada pelo peso próprio de todos os elementos constituintes da estrutura, incluindo os pesos de equipamentos e instalações permanentes suportados na estrutura. As ações geradas pelos diferentes materiais podem ser pesquisadas, na ausência de informações mais precisas, na ABNT NBR6120 ou em catálogos de fabricantes.

Para efeito de cálculo, devido aos perfis adotados, o peso próprio de contribuição da estrutura secundária será adotado como de 40 N/m². Para a estrutura principal foi adotado valor de 100 N/m².

3.3.2 Sobrecarga

De acordo com a NBR8800/2008, anexo B item B.5.1, admite-se que a ação variável accidental englobe as cargas resultantes de instalações elétricas e hidráulicas, de isolamento térmico e acústico e de pequenas peças eventualmente fixadas na cobertura, até um limite superior de 0,05 kN/m². Conforme o anexo B item B.5.2, o valor de sobrecarga na cobertura deve ser especificado de acordo com sua finalidade, entretanto com um valor mínimo de **0,25kN/m²**. Esta ação é considerada como uma carga uniformemente distribuída atuando sobre a projeção horizontal do telhado.

3.3.3 Vento

Como o vento tem grande importância no dimensionamento de estruturas metálicas, foram usadas como critérios de cálculo as recomendações da NBR 6123/1988 – Forças devidas ao vento em edificações, para o correto levantamento das solicitações provocadas pelo vento.

3.3.3.1 Velocidade básica do vento (V_0)

É a velocidade de uma rajada de três segundos de duração, a dez metros de altura, em campo aberto e plano, ultrapassada, em média, uma vez em 50 anos.

Conforme com o mapa de isopletas, publicada na NBR 6123/1988, a velocidade básica do vento na região do projeto é de **43 m/s**.

3.3.3.2 Fator topográfico (S_1)

O fator topográfico S_1 leva em consideração as variações do relevo do terreno, apresentando-se com características próprias para algumas diversidades, considerando o aumento ou diminuição da velocidade do vento em função da topografia do terreno.

Se for necessário um conhecimento mais preciso da influência do relevo, ou se a aplicação das indicações da NBR 6123 tornar-se difícil pela complexidade do relevo, é recomendado o recurso a ensaios de modelos topográficos em túnel de vento ou a medidas anemométricas no próprio terreno.

Considerando a topografia e características do entorno do local do projeto, adotou-se então o fator $S_1 = 1,0$.

3.3.3.3 Fator de rugosidade (S_2)

O fator S_2 considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura do terreno e das dimensões da edificação ou parte da edificação. A NBR6123/1988 estabelece uma classificação em cinco diferentes condições onde se pode verificar em qual situação o futuro projeto será executado. No que se refere a altura da edificação, sabemos que em ventos fortes, a velocidade do vento aumenta conforme sua altura em relação ao terreno, esse aumento também está relacionado com as condições de rugosidade da edificação, o número de obstáculos naturais ou artificiais aumenta ou diminui, mediante as condições em que se apresentam, os esforços provenientes da ação do vento. No item das dimensões da edificação, essas estão relacionadas com a rajada

de vento que deverá envolver o edifício. Quanto maior for o edifício maior deve ser a rajada ou turbilhão que o envolverá e, conseqüentemente, menor deverá ser a velocidade média do vento nessas condições.

Observando o perfil do terreno e dos seus arredores, podemos classificá-lo, quanto a rugosidade, na categoria IV: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Como a futura edificação estará dentro do intervalo de 20m e 50m, podemos classificar, quanto as dimensões, na classe B. Utilizando a tabela de Fator de rugosidade da NBR6123/1988, encontra-se o fator de rugosidade $S_2 = 0,83$.

3.3.3.4 Fator estatístico (S_3)

O fator S_3 é baseado em conceitos estatísticos, e considera o grau de segurança requerido a vida útil da edificação. A NBR6123/1988 prevê como vida útil da edificação um período de cinquenta anos e uma probabilidade de 63% de a velocidade do vento ser excedida ao menos uma vez durante esse período. Segundo a tabela 3 – valores mínimos do fator estatístico S_3 , para o edifício em questão $S_3 = 1,00$, pois é uma edificação para comércio com alto fator de ocupação.

3.3.3.5 Velocidade característica do vento (V_k)

A velocidade básica do vento é multiplicada pelos fatores S_1 ; S_2 ; S_3 para obtermos a velocidade característica do vento, a qual será utilizada no dimensionamento da estrutura.

$$V_k = S_1 S_2 S_3 V_0 \quad , \quad (34)$$

$$V_k = 43 \cdot 1,00 \cdot 0,83 \cdot 1,00$$

$$V_k = 35,69 \text{ m/s}$$

3.3.3.6 Pressão dinâmica (q_v)

Com a velocidade característica do vento podemos calcular a pressão dinâmica:

$$q_v = 0,613 V_k^2 \quad , \quad (35)$$

$$q_v = 0,613 \cdot 35,69^2$$

$$q_v = 780.82 \cong 781 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \mathbf{0,781 \text{ kN/m}^2}$$

3.3.3.7 Coeficientes aerodinâmicos para edificações correntes

Assim que determinados os esforços derivados da pressão do vento, se faz necessário determinar de que maneira essa pressão de vento interage com a edificação. A norma NBR 6123/1988 define que tais esforços atuam sobre a estrutura a partir dos coeficientes aerodinâmicos, que são divididos em dois tipos: coeficiente de pressão e de forma externos (C_{pe}) e coeficiente de pressão interno (C_{pi}). Os valores destes coeficientes são determinados, para este caso, através do item 8 da referida norma, coeficientes de forma para muros, placas e coberturas isoladas.

O projeto adotado para estudo de caso deste trabalho possui como angulação da cobertura uma declividade que não se pode enquadrar na NBR 6123/1988. Neste caso, analisamos as duas situações mais próximas à declividade de projeto, de modo a obter os esforços máximos aos quais a estrutura poderia estar submetida devido ao vento.

- Hipótese 1: cobertura com uma água plana
- Hipótese 2: coberturas com duas águas simétricas com calha central

HIPÓTESE 1 – Para inclinação da cobertura a $\theta = 0^\circ$

Para efeito de comparação de cálculos a fim de observar qual a situação mais crítica, adotou-se a angulação do telhado como sendo de 0 graus, o que implicaria em uma folha única.

Neste caso, utilizou-se a Tabela 17 – Coeficiente de pressão em coberturas isoladas à uma água plana da NBR 6123/1988.

Desta tabela, obtiveram-se os coeficientes de pressão e forma externa para uma cobertura isolada $C_{pe} = \pm 2,0$.

Conforme indicações do item 8.2.4, se faz necessário prever uma possível obstrução que possa ser colocada sob a cobertura ou junto a ela. Esta deve resistir à ação do vento, na zona de obstrução, calculada para uma edificação fechada e de mesma cobertura, com $C_{pi} = +0,8$, para obstrução na borda de sotavento, e com $C_{pi} = -0,3$, para obstrução na borda à barlavento.

Para os coeficientes externos, a angulação proposta se enquadra na Tabela 5 da norma NBR 6123/1988, onde obtiveram-se os seguintes valores para $\theta = 0^\circ$:

Tabela 1 - Valores dos coeficientes externos

Valores de Ce para				Cpe médio
α = 90°		α = 0°		
EF	GH	EG	FH	-2,0
-0,8	-0,4	-0,8	-0,4	

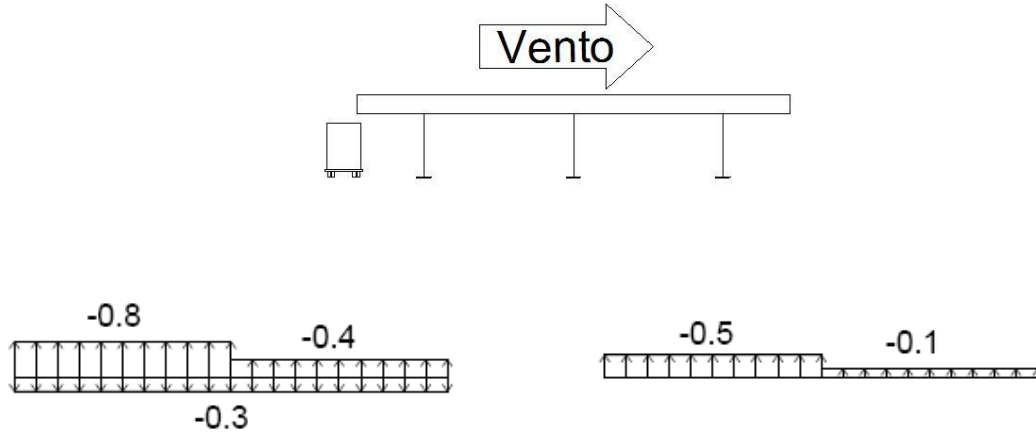
Fonte: NBR 6123/1988

Onde α = ângulo de incidência do vento sobre a estrutura da edificação.

Logo, obtiveram-se os seguintes carregamentos:

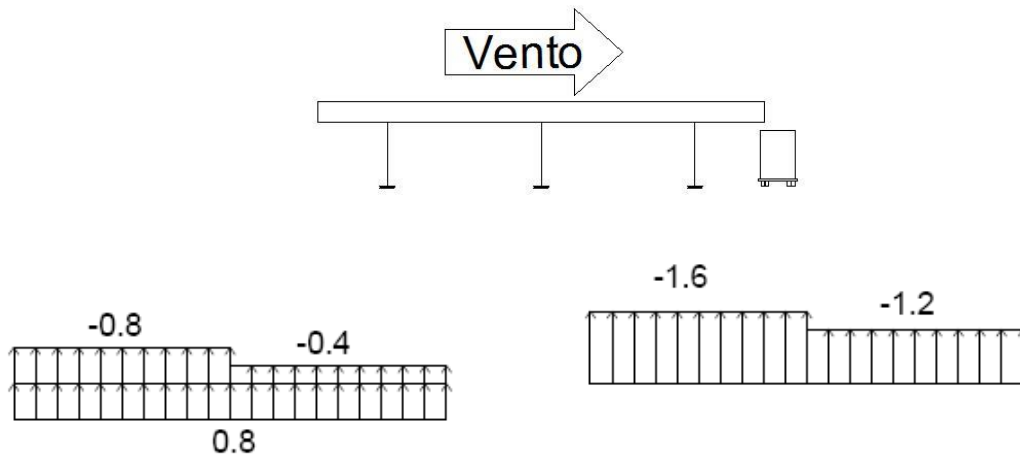
a) A barlavento

Figura 5 - Esquema demonstrativo barlavento



b) A sotavento

Figura 6 - Esquema demonstrativo sotavento



Para estas duas análises (com e sem obstrução) foram observadas como situações mais críticas o 1º carregamento (positivo) e 2º carregamento (negativo) sem obstrução.

HIPÓTESE 2 – Para inclinação da cobertura a $\theta = 4^\circ$

As especificações para obtenção do coeficiente de pressão e formas para esta primeira hipótese podem ser verificadas no item 8.2 coberturas isoladas a águas planas.

Conforme a abrangência da norma, item 8.2.3, para casos de:

Coberturas a duas águas (Tabela 18): $0,07 \leq tg\theta \leq 0,6$, $h \geq 0,5 I_2$

Onde:

h = altura livre entre o piso e o nível da aresta horizontal mais baixa da cobertura

I_2 = profundidade da cobertura

θ = ângulo de inclinação das águas da cobertura

Conforme orientações da norma, para esta hipótese foram encontrados os seguintes coeficientes (de acordo com a Tabela 18 – Coeficientes de pressão em coberturas isoladas a duas águas planas simétricas da norma NBR 6123/1988):

Tabela 2 - Coeficientes de pressão

1º Carregamento	2º Carregamento
Cpb = 0,8	Cpb = -0,7
Cps = 0,3	Cps = -0,1

Fonte: NBR 6123/1988

De acordo com o projeto arquitetônico, a $tg\theta$ tende à zero devido a baixa inclinação do telhado.

Conforme indicações do item 8.2.4, se faz necessário prever uma possível obstrução que possa ser colocada sob a cobertura ou junto a ela. Esta deve resistir à ação do vento, na zona de obstrução, calculada para uma edificação fechada e de mesma cobertura, com $C_{pi} = +0,8$, para obstrução na borda de sotavento, e com $C_{pi} = -0,3$, para obstrução na borda à barlavento.

De modo a enquadrar o projeto à normativa, optou-se por utilizar a Tabela 32, conforme o anexo F – Informações adicionais.

Como o caso em questão apresenta como valor de $a/b = 3$, os coeficientes C_e foram obtidos por interpolação de modo que se apresentaram como:

Tabela 3 - Coeficientes C_e

Valores de C_e para			
$\alpha = 90^\circ$		$\alpha = 0^\circ$	
EF	GH	EG	FH
-0,9	-0,6	-0,2	-0,1

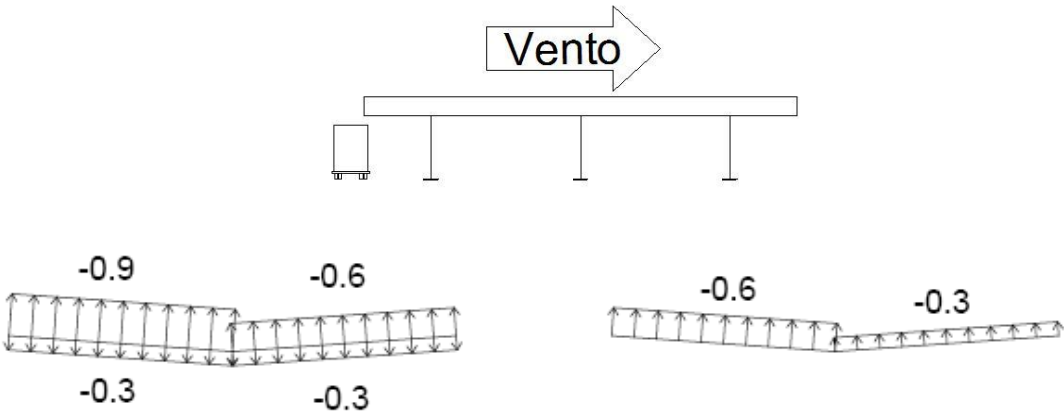
Fonte: NBR 6123/1988

Onde α = ângulo de incidência do vento sobre a estrutura da edificação.

Logo, obtiveram-se os seguintes carregamentos:

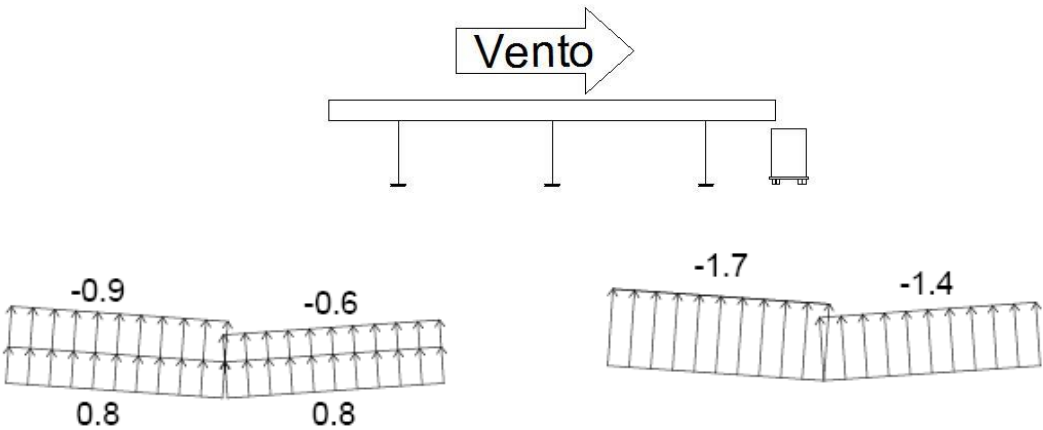
a) A barlavento

Figura 7 - Esquema demonstrativo barlavento



b) A sotavento

Figura 8 - Esquema demonstrativo sotavento



Para estas duas análises (com e sem obstrução) foi observada como situação mais crítica, a obstrução à sotavento.

HIPÓTESE MAIS CRÍTICA

De acordo com os resultados obtidos nas hipóteses analisadas, as piores solicitações da cobertura em questão foram obtidas para inclinação da cobertura à $\theta = 0^\circ$, conforme hipótese 1 – cobertura isolada plana.

Logo o coeficiente de pressão a ser utilizado para o dimensionamento da estrutura ficou como **Cp = ±2,0**.

3.4 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURA SECUNDÁRIA

3.4.1 Tapamento da cobertura

Será utilizado para tapamento da cobertura telhas de aço galvanizado trapezoidal, pois a mesma foi especificada no projeto arquitetônico.

a) Cargas atuantes nas telhas:

- Cargas permanentes:

Peso telha trapezoidal 40 (espessura = 0,5 mm) = 48 N/m²

- Carga devida ao vento atuante nas telhas (pressão dinâmica multiplicada pelo $C_{p,médio}$ para telhados):

$$\text{Vento} = 781 \text{ N/m}^2 \cdot (-2,0) = -1562,0 \text{ N/m}^2$$

- Sobrecarga = 250 N/m²

b) Combinação de esforços:

$$F_{d1} = 1,25 \cdot 48,0 + 1,5 \cdot 250,0 = 435,0 \text{ N/m}^2$$

$$F_{d2} = 1,0 \cdot 48,0 - 1,4 \cdot 1562,0 = -2138,8 \text{ N/m}^2$$

$$F_{d3} = 1,25 \cdot 48,0 + 1,5 \cdot 250,0 - 1,4 \cdot 0,6 \cdot 1562 = -877,08 \text{ N/m}^2$$

$$F_{d4} = 1,25 \cdot 48,0 - 1,4 \cdot 1562 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot 250,0 = -1826,8 \text{ N/m}^2$$

Como F_{d2} contribui com o resultado mais crítico, logo, será utilizado essa combinação para cálculo das telhas de cobertura. Conforme pode ser visto no catálogo de telhas, Anexo B, para espessura de 0,50 mm com 4 apoios com distância de 1,60 m, a carga admissível é de 2500 N/m². Por tanto, foi adotado telhas de 0,50 mm com distância de 1,60 m entre as terças.

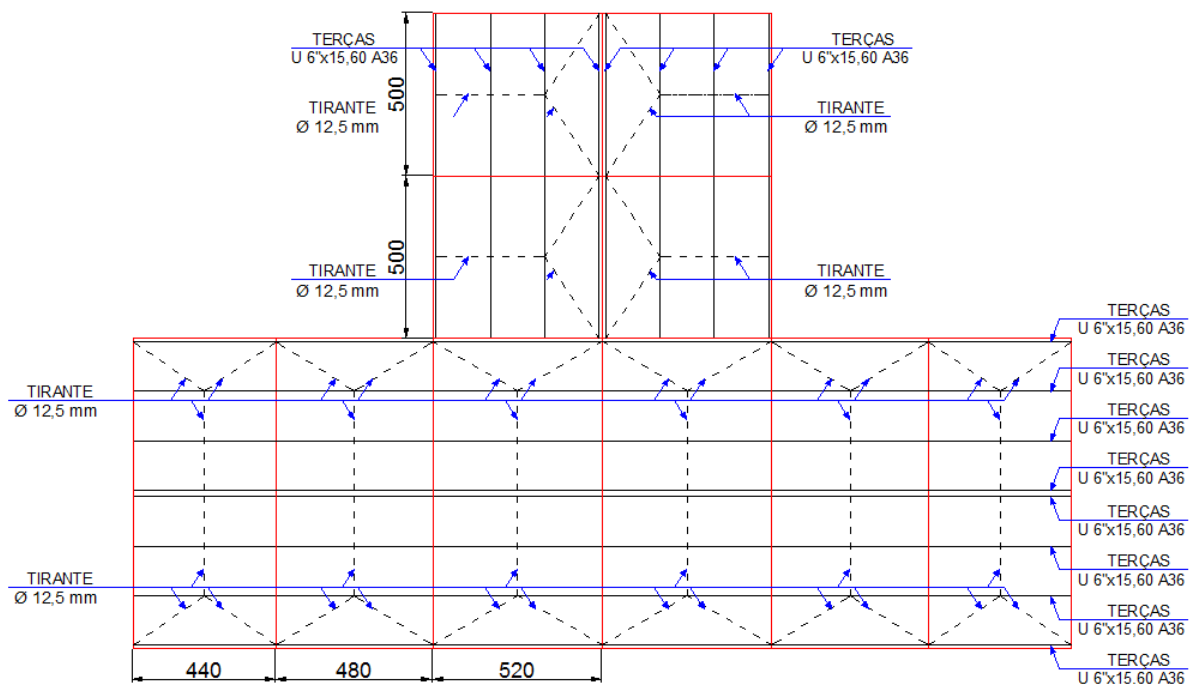
3.4.2 Terças

As terças são vigas colocadas na cobertura, responsáveis por suportar as chapas de tapamento, elas recebem cargas permanentes, acidentais e de vento. As terças estão normalmente sujeitas às solicitações de flexão dupla e excepcionalmente a flexão simples no caso dos telhados planos.

As terças devem ter em sua composição estrutural, as linhas de corrente (tirantes), cuja finalidade é formar um apoio, diminuindo o vão teórico das terças no sentido da sua menor rigidez ou inércia. Outro fator que pode contribuir com a diminuição do vão teórico, agora no sentido da maior inércia do perfil, é a utilização das denominadas mãos francesas, que além de diminuir o vão da terça, propiciam um travamento nas vigas de cobertura.

Segue na sequência o esquema estrutural das terças e tirantes.

Figura 9 - Distribuição das terças e tirantes



3.4.2.1 Cargas atuantes nas terças

a) Cargas permanentes:

- O peso próprio atuante foi estimado em 40 N/m², considerando-se as terças e os tirantes.
- O peso próprio das telhas, de acordo como catálogo comercial, é de 48 N/m²

Desta forma o peso próprio resultante da estrutura com as telhas, multiplicado pela distancia entre as terças, ficará igual:

$$\sum (pp + ppt) \cdot 1,6 = \sum (40 + 48) \cdot 1,6 = 140,8 \cong 141 \text{ N/m}$$

b) Sobrecarga:

Conforme a norma, a sobrecarga atuante é de 250 N/m²

De modo a obter-se a distribuição linear, multiplica-se pela distância entre as terças:

$$sc = 250 \cdot 1,6 = 400 \text{ N/m}$$

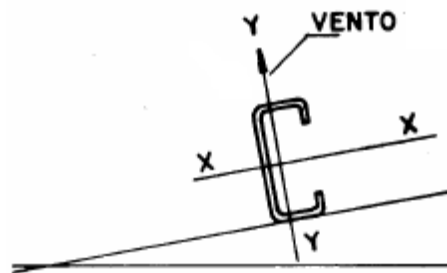
c) Carga de vento:

A carga de vento atuante nas telhas é igual a pressão dinâmica multiplicada pelo C_{pe} multiplicada pela distância entre as terças.

$$cv = 781 \cdot 2,0 \cdot 1,6 = 2499,2 \text{ N/m}$$

Como a cobertura do posto de combustível tem uma inclinação de 3%, será dimensionado para flexão composta, calculando o momento resistente para os eixos de maior e menor inércia. Assim será preciso definir o carregamento atuante para as duas direções.

Figura 10 - Disposição das terças com carregamento do vento



Fonte: IBS. Galpões de usos gerais. 3 ed. RJ, 2004

Para o eixo de maior inércia:

- Permanentes = $pp = 141 \cdot \cos 1,72 = 140,9 \cong 141 \text{ N/m}$
- Sobrecarga = $sc = 400 \cdot \cos 1,72 = 399,82 \cong 400 \text{ N/m}$
- Vento = $cv = 2499,20 \text{ N/m}$

Para o eixo de menor inércia:

- Permanentes = $pp = 141 \cdot \sin 1,72 = 4,2321 \cong 4 \text{ N/m}$
- Sobrecarga = $sc = 400 \cdot \sin 1,72 = 12,01 \cong 12 \text{ N/m}$

3.4.2.2 Combinação de ações

Para eixo de maior inercia:

$$F_{d1} = 1,25 \cdot 141 + 1,5 \cdot 400,0 = 776,25 \text{ N/m}$$

$$F_{d2} = 1,0 \cdot 141 - 1,4 \cdot 2499,20 = -3357,88 \text{ N/m}$$

$$F_{d3} = 1,25 \cdot 141 + 1,5 \cdot 400 - 1,4 \cdot 0,6 \cdot 2499,20 = -1323,08 \text{ N/m}$$

$$F_{d4} = 1,25 \cdot 141 - 1,4 \cdot 2499,20 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot 400 = -2842,63 \text{ N/m}$$

Para eixo de menor inercia:

$$F_{d1} = 1,25 \cdot 4 + 1,5 \cdot 12 = 23,00 \text{ N/m}$$

$$F_{d2} = 1,0 \cdot 4 - 1,4 \cdot 0,0 = 4,23 \text{ N/m}$$

$$F_{d3} = 1,25 \cdot 4 + 1,5 \cdot 12 - 1,4 \cdot 0,6 \cdot 0,0 = 23,00 \text{ N/m}$$

$$F_{d4} = 1,25 \cdot 4 - 1,4 \cdot 0,0 + 1,5 \cdot 0,8 \cdot 12 = 19,4 \text{ N/m}$$

3.4.2.3 Esforços solicitantes

De modo a garantir maior estabilidade da estrutura, optou-se por analisar o uso de tirantes flexíveis no centro do vão entre as terças. Este dispositivo auxiliará na redução dos momentos no eixo de menor inércia, ponto mais crítico da estabilidade, conforme demonstrado nas figuras 11 e 12 na sequência.

Figura 11 - Eixo de maior inércia

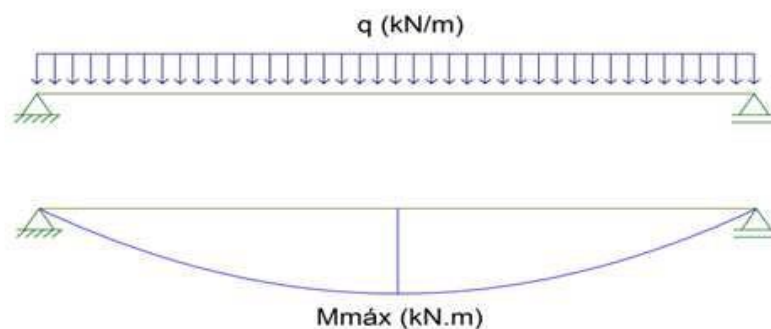
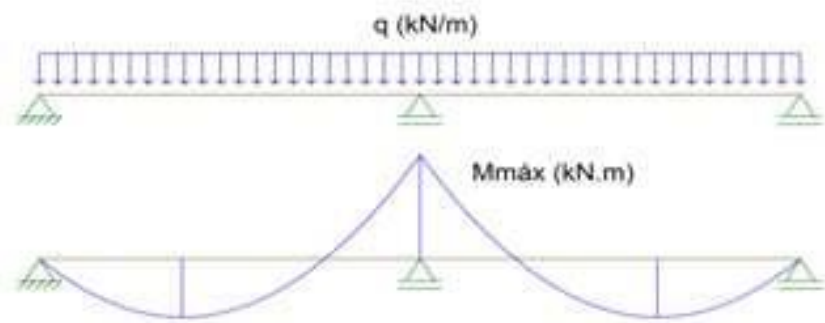


Figura 12 - Eixo de menor inércia



Como auxílio do software FTOOL, obteve-se os seguintes esforços solicitantes para as combinações consideradas.

Tabela 4 - Esforços solicitantes

TERÇAS				Forças Atuantes
Eixo de maior inércia		Eixo de menor inércia		
M (N.m)	V (N)	M (N.m)	V (N)	
2329	1901,2	17,3	35,2	Fd1
10078,2	8227,1	3,0	6,1	Fd2
3970,7	3241,3	17,3	35,2	Fd3
8529,6	6962,9	14,3	29,1	Fd4

3.4.2.4 Dimensionamento das terças

O perfil adotado deve resistir as combinações de ações, que neste caso, aos momentos fletores nas duas direções, para cada combinação, bem como resistir ao momento fletor máximo e cortante máximo em cada direção. Para tanto, o perfil escolhido foi o U6"x15.60 aço ASTM A36. As propriedades geométricas deste perfil pode ser obtida no catálogos do fabricantes (Anexo C).

Os comprimentos de flambagem são:

- $L_x = 5,20 \text{ m}$
- $L_y = 2,60 \text{ m}$

- $L_b = 2,60 \text{ m}$

Lembrando que há uma linha de tirantes projetada, que reduz o comprimento de flambagem dos perfis em torno do eixo de menor inércia e a torção.

3.4.2.4.1 Verificação à flexão

- Eixo de maior inércia:

Estado limite para flambagem local da mesa.

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLM} = \frac{b_f}{t_f} = \frac{51,7}{8,71} = 5,93$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao escoamento:

$$\lambda_r = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y - \sigma_r}} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{200000}{(250 - 0,3 \cdot 250)}} = 28,06$$

Segundo o item G2.2.a) da NBR 8800/2008, para:

$$\lambda_{FLM} < \lambda_p$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y = 101 \cdot 25 = 2525 \text{ kNcm} = 25,25 \text{ kNm}$$

$$M_{FLM} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{25,25}{1,1} = 22,96 \text{ kNm}$$

Estado limite para flambagem local da alma.

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLA} = \frac{h_w}{t_w} = \frac{(152,4 - 8,71 \cdot 2)}{7,98} = 16,91$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao escoamento:

$$\lambda_r = 5,70 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \cdot \sqrt{\frac{200000}{(250)}} = 161,22$$

Segundo o item G2.2.a) da NBR 8800/2008, para:

$$\lambda_{FLA} < \lambda_p$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y = 101 \cdot 25 = 2525 \text{ kNcm} = 25,25 \text{ kNm}$$

$$M_{FLM} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{25,25}{1,1} = 22,96 \text{ kNm}$$

Estado limite para flambagem lateral com torção.

a) Parâmetro de esbeltez ($L_b = 245 \text{ cm}$):

$$\lambda_{FLT} = \frac{L_b}{r_y} = \frac{245}{1,34} = 182,836$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 1,76 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}} = 49,78$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao escoamento:

$$J = \frac{1}{3} \sum bt^3 = 4,54$$

$$\beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r)W}{EJ} = \frac{(250 - 75)82,90}{200000 \cdot 4,54} = 0,01598$$

$$C_w = \frac{t_f(b_f - 0,5t_w)^2}{12} \left[\frac{3(b_f - 0,5t_w)t_f + 2(d - t_f)t_w}{6(b_f - 0,5t_w)t_f + (d - t_f)t_w} \right] = 1,58 \cdot 10^4$$

$$\lambda_r = \frac{1,38\sqrt{I_y \cdot J}}{r_y \cdot J \cdot \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27C_w\beta_1^2}{I_y}}}$$

$$\lambda_r = \frac{1,38\sqrt{36 \cdot 4,54}}{1,34 \cdot 4,54 \cdot 0,01598} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \cdot 1,58 \cdot 10^4 \cdot 0,01598^2}{36}}} = 314,711$$

Segundo o item G2.1.c) da NBR 8800/2008, para:

$$\lambda_p < \lambda_{FLA} < \lambda_r$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y = 101 \cdot 25 = 2525 \text{ kNcm} = 25,25 \text{ kNm}$$

$$M_r = (f_y - r_y)W = (25 - 7,5)82,90 = 20,73 \text{ kNm}$$

Foi adotado $C_b = 1,0$, pois este produz valores mais críticos.

$$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right]$$

$$M_{Rd} = \frac{1}{1,1} \left[25,25 - (25,25 - 20,73) \frac{182,836 - 49,78}{314,711 - 49,78} \right] = 20,8908 \text{ kNm}$$

O momento fletor resistente de cálculo em torno do eixo de maior inércia é o menor entre:

$$M_{Rd} = \text{Mín}(M_{FLA}; M_{FLM}; M_{FLT})$$

Logo:

$$M_{Rd} = 20,8908 > M_{Sd,m\acute{a}x} = 9,027 \text{ kNm} \quad \therefore OK$$

- Eixo de menor inércia:

Estado limite para flambagem local da mesa.

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLM} = \frac{b_f}{t_f} = \frac{51,7}{8,71} = 5,93$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao escoamento:

$$\lambda_r = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y - \sigma_r}} = 0,83 \cdot \sqrt{\frac{200000}{(250 - 0,3 \cdot 250)}} = 28,06$$

Segundo o item G2.2.a) da NBR 8800/2008, para:

$$\lambda_{FLM} < \lambda_p$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y = 24,03 \cdot 25 = 600,9 \text{ kNcm} = 6,01 \text{ kNm}$$

$$M_{FLM} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{6,01}{1,1} = 5,463 \text{ kNm}$$

Estado limite para flambagem local da alma.

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLA} = \frac{h_w}{t_w} = \frac{(152,4 - 8,71 \cdot 2)}{7,98} = 16,91$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 1,12 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,12 \cdot \sqrt{\frac{200000}{250}} = 31,68$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao escoamento:

$$\lambda_r = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,40 \cdot \sqrt{\frac{200000}{(250)}} = 39,60$$

Segundo o item G2.2.a) da NBR 8800/2008, para:

$$\lambda_{FLA} < \lambda_p$$

$$M_{pl} = Z \cdot f_y = 24,03 \cdot 25 = 600,9 \text{ kNcm} = 6,01 \text{ kNm}$$

$$M_{FLM} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{6,01}{1,1} = 5,463 \text{ kNm}$$

O momento fletor resistente de calculo em torno do eixo de menor inércia é o menor entre:

$$M_{Rd} = \text{Mín}(M_{FLA}; M_{FLM})$$

Logo:

$$M_{Rd} = 5,463 \text{ kNm} > M_{Sd,máx} = 0,0173 \text{ kNm} \quad \therefore \text{OK}$$

3.4.2.4.2 Verificação para a combinação de esforços solicitantes:

Considerando que:

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} < 0,2$$

$$\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} < 1,0$$

Tabela 5 - Verificação de combinação de esforço

Eixo	Esforço	F_{d1}	F_{d2}	F_{d3}	F_{d4}
Maior Inércia	$M_{Sd} (kNm)$	2,3290	10,0780	3,9710	8,5300
	$M_{Rd} (kNm)$	20,8908	20,8908	20,8908	20,8908
Menor Inércia	$M_{Sd} (kNm)$	0,0173	0,0030	0,0173	0,0143
	$M_{Rd} (kNm)$	5,4630	5,4630	5,4630	5,4630
Verificação		0,1147	0,4830	0,1933	0,4109

3.4.2.4.3 Verificação da capacidade ao cisalhamento:

- Eixo de maior inércia:

Estado limite para flambagem local da mesa.

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLA} = \frac{h_w}{t_w} = \frac{(152,4 - 2 \cdot 8,71)}{7,98} = 16,91$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{250}} = 69,57$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao escoamento:

$$\lambda_r = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{K_v E}{f_y - \sigma_r}} = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{5 \cdot 200000}{250}} = 86,65$$

Segundo o item 5.4.3.1.1 da NBR 8800/2008, para seção U fletida em relação ao eixo central de inércia perpendicular a alma, a força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , para $\lambda < \lambda_p$, é dada por:

$$A_w = d \cdot t_w = 15,24 \cdot 0,798 = 12,1615 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl} = 0,6 A_w f_y = 0,6 \cdot 12,16 \cdot 25 = 182,423 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{182,423}{1,1} = 165,84 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 165,84 \text{ kN} > V_{Sd,m\acute{a}x} = 8,2271 \text{ kN}$$

- Eixo de menor inércia:

Estado limite para flambagem local da mesa.

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLA} = \frac{b_f}{t_f} = \frac{51,66}{8,71} = 5,93$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{1,2 \cdot 200000}{250}} = 34,08$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao escoamento:

$$\lambda_r = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{K_v E}{f_y - \sigma_r}} = 1,37 \cdot \sqrt{\frac{1,2 \cdot 200000}{250}} = 42,45$$

Segundo o item 5.4.3.1.1 da NBR 8800/2008, para seção U fletida em relação ao eixo central de inércia perpendicular às mesas, a força cortante resistente de cálculo, V_{Rd} , para $\lambda < \lambda_p$, é dada por:

$$A_w = 2b_f \cdot t_f = 2 \cdot 5,166 \cdot 0,871 = 8,999 \cong 9 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl} = 0,6A_w f_y = 0,6 \cdot 9 \cdot 25 = 135,00 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}} = \frac{135,00}{1,1} = 122,73 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 122,73 \text{ kN} > V_{Sd,m\acute{a}x} = 0,0352 \text{ kN}$$

3.4.2.4.4 Verificação da flecha

Para verificação de flecha utiliza-se combinação quase permanente de serviço:

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2,j} F_{Qj,k})$$

$$F_{ser} = 0,141 + 0,6 \cdot 0,400 = 0,381 \text{ kN/m}$$

$$\delta = \frac{5ql^4}{384EI_x} = \frac{5 \cdot 0,00381 \cdot 490^4}{384 \cdot 200000 \cdot 632} = 0,022626 \text{ cm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{L}{180} = \frac{490}{180} = 2,72 \text{ cm}$$

$$\delta < \delta_{lim} \therefore OK$$

Deve ser verificado também para vento de sucção, considerando o seu calor característico.

$$\delta = \frac{5ql^4}{384EI_x} = \frac{5 \cdot 0,0225 \cdot 490^4}{384 \cdot 200000 \cdot 632} = 0,134 \text{ cm}$$

$$\delta_{lim} = \frac{L}{120} = \frac{490}{120} = 4,08 \text{ cm}$$

$$\delta < \delta_{lim} \therefore OK$$

3.4.3 Tirantes

De acordo com a norma NBR8800/2008, para o dimensionamento de barras de seção circular com extremidades rosqueadas verifica-se a menor resistência entre o escoamento da seção bruta e a ruptura da seção rosqueada.

O esquema com a distribuição dos tirantes encontra-se na figura 13.

3.4.3.1 Dimensionamento dos tirantes

Para o dimensionamento dos tirantes foi seguido o item 6.3.2.2 da NBR8800/2008, onde:

$$A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot d_b^2 = 0,25 \cdot \pi \cdot 12,5^2$$

$$A_b = 122,72 \text{ mm}^2$$

$$A_e = 0,75 \cdot A_b = 92,04 \text{ mm}^2$$

A_b = área bruta;

A_e = área efetiva ;

d_b = diâmetro externo da rosca da barra rosqueada.

Força de tração resistente de calculo de uma barra de seção circular rosqueada tracionada, item 6.3.3.1 da NBR8800/2008:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_e f_{ub}}{\gamma_{a2}}$$

f_{ub} = resistência a ruptura do material.

$$F_{t,Rd} = \frac{92,04 \cdot 400}{1,35} = 27270,8 \text{ N} = 27,27 \text{ kN}$$

Força de tração resistente para o escoamento da seção bruta também deve ser verificada.

$$F_{t,Rd} = \frac{A_e f_{yd}}{\gamma_{a1}} = \frac{122,72 \cdot 250}{1,1} = 27,89 \text{ kN}$$

Por tanto, a resistência a tração é de $F_{t,Rd} = 27,27 \text{ kN}$, pois é a menor entre as duas calculadas.

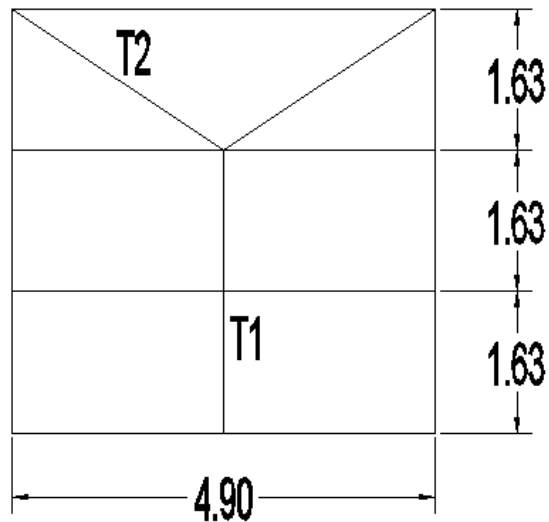
3.4.3.2 Esforços atuantes nos tirantes.

Carregamento:

- Peso próprio = 40 N/m²
- Sobre carga = 250 N/m²

$$F_d = (1,25 \cdot 40 + 1,5 \cdot 250) \cdot \sin 1,72^\circ = 12,76 \text{ N/m}^2$$

Figura 13 - Disposição dos tirantes (medidas em metros)



- Cargas atuantes no tirante T_1 :

$$T_1 = (3,26 \cdot 4,9) \cdot 12,76 = 203,83 \text{ N}$$

$$T_1 < F_{t,Rd} \therefore OK$$

- Cargas atuantes no tirante T_2 :

$$T_2 = \frac{12,76 \cdot 3,26 \cdot 4,9}{2} \cdot \frac{1,63}{\cos 33,39} = 66,32 \text{ N}$$

$$T_2 < F_{t,Rd} \therefore OK$$

3.5 ANÁLISE DA ESTRUTURA PRINCIPAL

A fim de se dar sustentação às cargas que atuam sobre a área de cobertura e transmitir essas cargas aos pilares, deve-se estabelecer a existência de sistemas estruturais capazes de suportar essas cargas. Inicialmente projetam-se as terças de cobertura, cuja finalidade é suportar as cargas dos tapamentos que se apoiam sobre elas e, conseqüentemente, os efeitos provenientes da ação dos ventos.

Em seguida, devem ser dimensionadas as denominadas vigas da cobertura, cuja composição pode ser em vigas de alma cheia ou mesmo reticuladas e que devem atender as necessidades da obra.

Para caso em questão optou-se por um conjunto de treliças para levar as cargas das terças até os pilares. Segue abaixo figuras 7 e 8, esquema de distribuição das treliças e o caminho que as cargas seguem até os pilares.

Figura 14 - distribuição treliças

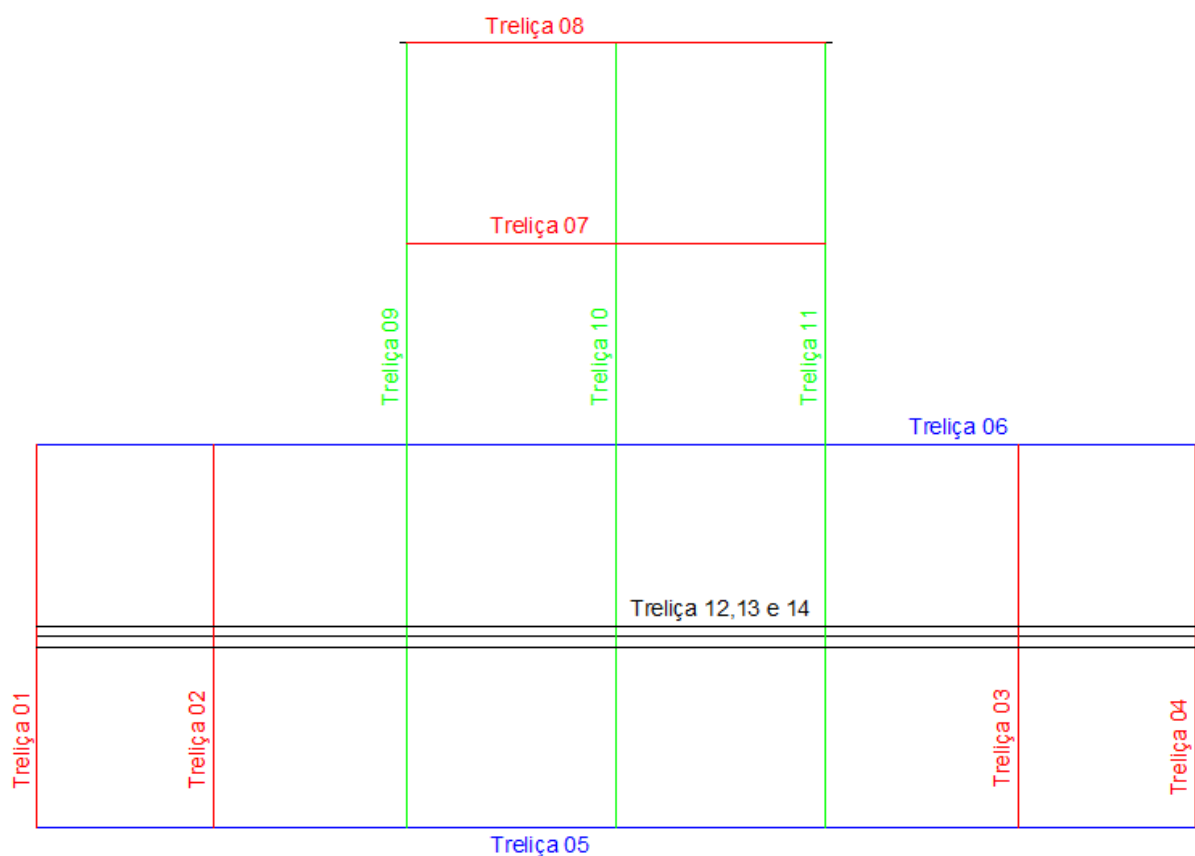
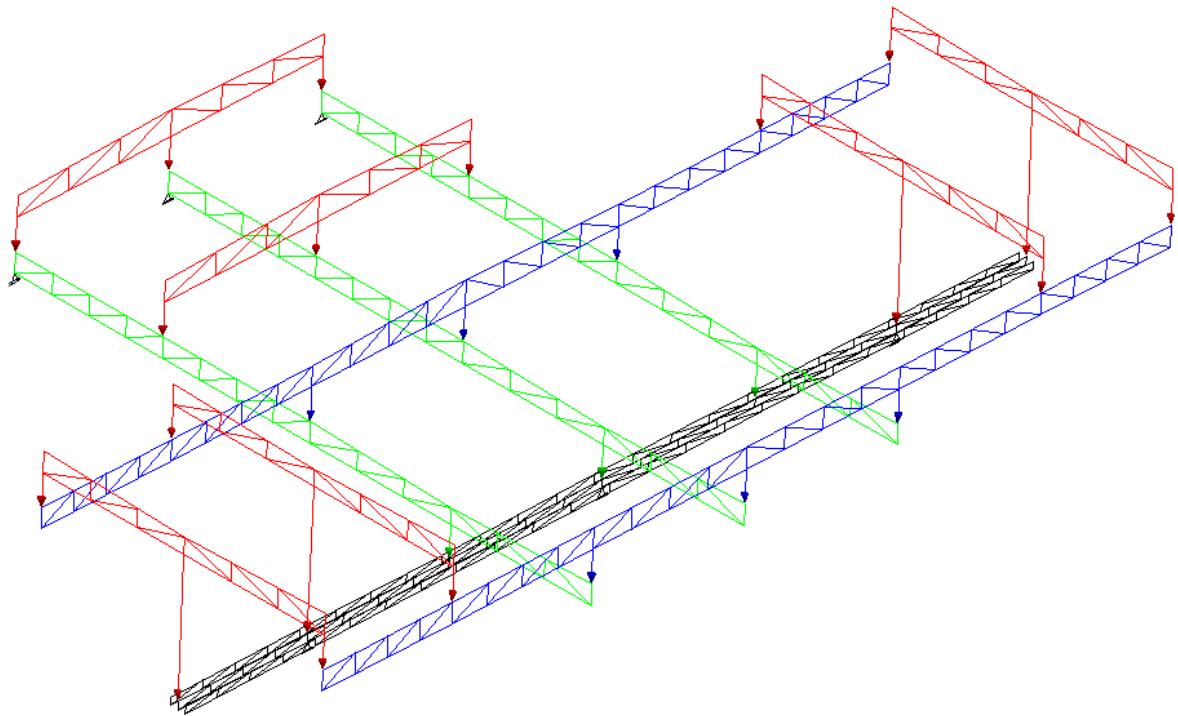


Figura 15 - Esquema de distribuição de cargas.



3.5.1 Treliza 01 e 04

3.5.1.1 Cargas atuantes

- Sobrecarga (SC)

Como já foi visto anteriormente o valor da sobrecarga aqui utilizada será de 250 N/m². Para obtermos a carga aplicada em cada nó da treliza, multiplicamos esse valor pela área de influencia de cada nó, sendo que para os nós do beiral esse valor será metade da carga aplicada nos outros nós, logo:

$$\text{Área de influencia} = 1,92 \text{ m}^2$$

$$0,25 \cdot 1,92 = 0,480 \text{ kN}$$

Força devido a sobrecarga atuante por nó = 0,48 kN e 0,24 kN para os nós dos beirais.

- Permanente

O carregamento permanente vem do peso próprio e do peso da estrutura secundária.

- Peso estrutura secundária (PES):

Peso telhas: 48 N/m²

Peso terças : 40 N/m²

Peso tirantes: 40 N/m²

$$48 + 40 + 40 = 128 \text{ N/m}^2$$

$$0,128 \cdot 1,92 = 0,246 \text{ kN}$$

Força devido a estrutura secundária por nó = 0,246 kN e 0,123 kN para os nós dos beirais.

- Peso estrutura principal (PP):

Considerando o perfil utilizado e também as ligações, obteve-se o valor de 3,03 kN, para o peso próprio da treliça 01. Assim dividindo esse valor pelo vão da treliça, obtemos um carregamento uniformemente distribuído de 0,317 kN/m. Assim a carga atuante nos nós será:

$$0,317 \text{ kN/m} \cdot 1.59 \text{ m} = 0,505 \text{ kN}$$

Força devido a estrutura principal por nó = 0,505 kN e 0,2525 kN para os nós dos beirais.

- Vento (V)

Para carregamento devido ao vento vai ser utilizado o valor das combinações mais críticas, já apresentados anteriormente, $\pm 1,562 \text{ kN/m}^2$. Multiplicando este valor pela área de influencia do nó:

$$\pm 1,562 \cdot 1,92 = \pm 2,999 \text{ kN}$$

Força devido a ação do vento por nó = $\pm 2,999 \text{ kN}$ e $\pm 1,499 \text{ kN}$ para os nós dos beirais.

Para estes cálculos a área da cobertura foi aproximada pela sua projeção horizontal, já que se trata de uma cobertura de pequena inclinação ($i = 3\%$).

3.5.1.2 Esforços solicitantes

Para obter os esforços solicitantes de cálculo, será necessário fazer as combinações de ações atuantes na estrutura. As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, usando-se a seguinte expressão, de acordo com o item 4.7.7.2.1 e com os valores dos coeficientes de ponderação e combinação da Tabela 1 e da Tabela 2, respectivamente, da NBR 8800:2008.

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

Foi adotado quatro hipóteses de combinações;

$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

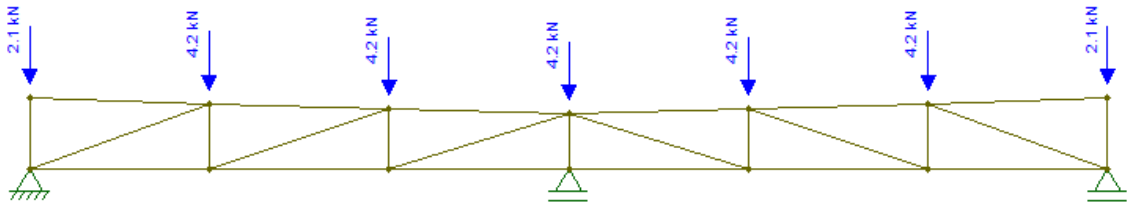
$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Após feito as combinações de ações, considerando a atuação de todas as ações adotadas em cada hipótese atuando na estrutura, o resultado dos esforços encontrados são os valores dos esforços solicitantes para cada barra.

Segue abaixo os carregamentos combinados para cada hipótese de cálculo.

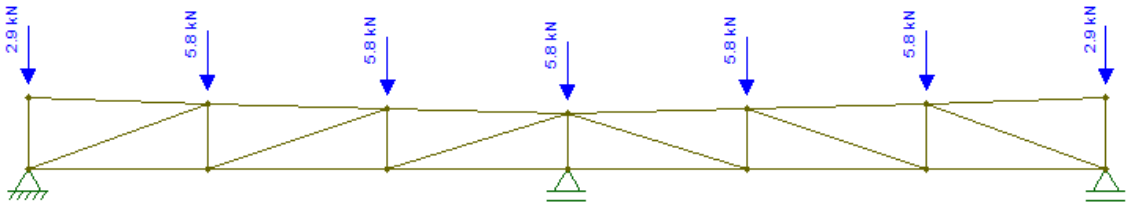
$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

Figura 16 - Carregamento F_{d1} Treliza 01 e 04



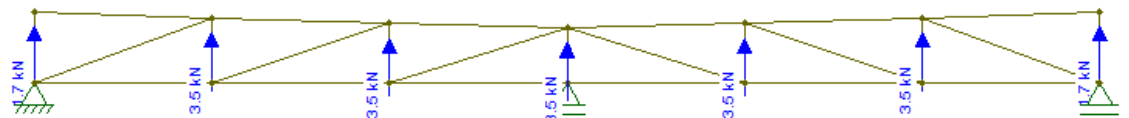
$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

Figura 17 - Carregamento F_{d2} Treliza 01 e 04



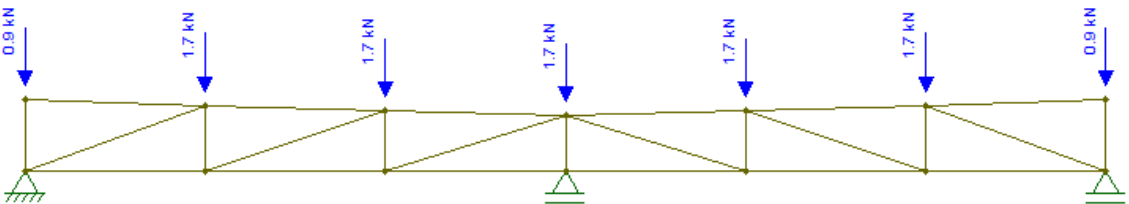
$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

Figura 18 - Carregamento F_{d3} Treliza 01 e 04



$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Figura 19 - Carregamento F_{d4} Treliza 01 e 04



Os maiores esforços solicitantes na treliça 01 estão apresentados na tabela a seguir, a figura 13 mostra o esquema da treliça 01 adotado, com as barras enumeradas.

Figura 20 - Treliça 01

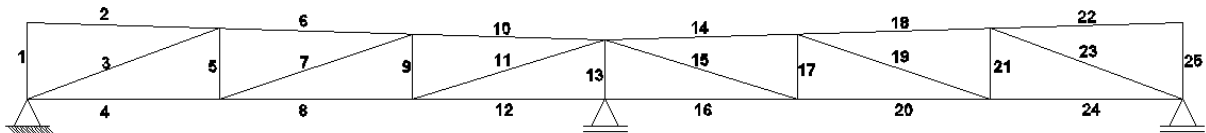


Tabela 6 - Valores esforços solicitantes treliças 01 e 04

	Compressão	Tração
	$N_{c, Sd}$ (kN)	$N_{t, Sd}$ (kN)
Montante	-19,50	11,80
Diagonal	-12,90	21,40
Banzo superior	-12,40	7,50
Banzo inferior	-11,50	12,20

3.5.1.3 Dimensionamento treliças 01 e 04

Com os valores dos esforços atuantes para cada barra, será feito o dimensionamento à tração e compressão conforme determina a norma NBR 8800/2008. Foram adotadas, para os banzos superior e inferior, cantoneiras duplas e para as diagonais e montantes cantoneira simples. O aço das cantoneiras é o ASTM A36.

- Montantes e diagonais

Tanto para montantes como para as diagonais foi adotado cantoneiras simples L76,2x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para calculo será de 169 cm, pois é o elemento mais longo entre os montantes e diagonais. As propriedades para cantoneira L 76,2x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistência à compressão

- Flambagem local (conforme NBR8800/2008, anexo F):

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 0,45 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 12,7$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) = \frac{7,62}{0,635} = 12,0$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = r_z^2 \cdot A_g = 1,5^2 \cdot 9,29 = 20,90 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = \frac{\pi^2 20000 \cdot 20,9}{(1,0 \cdot 169)^2} = 144,45 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = I_Y + I_X - I_x = 50 + 50 - 20,9 = 79,10 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = \frac{\pi^2 20000 \cdot 79,1}{(1,0 \cdot 169)^2} = 546,68 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = \sqrt{2\left(x_g - \frac{t}{2}\right)^2} = 2,56 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4,21 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 1,24 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = \frac{1}{4,21^2} [7700 \cdot 1,24]; \text{ pois } C_w = 0 \text{ para este caso.}$$

$$N_{ez} = 538,70 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 337,457 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 144,45 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 9,29 \cdot 25}{144,45}} = 1,27$$

$$\text{Para, } \lambda_0 > 1,5 \rightarrow X = \frac{0,877}{\lambda_0^2} \therefore X = 0,544$$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 114,86 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 12,9 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{169}{1,5} = 112,67 < 200 \rightarrow OK$$

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{9,29 \cdot 25}{1,1} = 211,14 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 1 - \frac{2,13}{3,81} = 0,44$$

$$0,6 < C_t < 0,9 \therefore C_t = 0,6$$

$$d_f = d_p + 3,5 = 0,127 + 3,5 = 0,477 \text{ cm}$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 8,26 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 4,96 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = \frac{4,96 \cdot 40}{1,35} = 146,96 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 146,96 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 21,40 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{169}{1,5} = 112,667 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações serão usados dois parafusos de 1/2".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = \left(\frac{0,4 \cdot 1,27 \cdot 82,5}{1,35} \right) \cdot 2 = 62,08 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = \frac{1,5 \cdot 2,3 \cdot 0,635 \cdot 40}{1,35} \cdot 2 = 129,82 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = \frac{3 \cdot 1,27 \cdot 0,635 \cdot 40}{1,35} \cdot 2 = 143,36 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} \cdot 2 = \left(\frac{0,75 \cdot 1,27 \cdot 82,5}{1,35} \right) \cdot 2 = 116,417 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

- Banzos superior e inferior

Para os banzos superior e inferior foi adotado cantoneiras duplas L6,35x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para calculo será de 160 cm. As propriedades para cantoneira L6,35x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistencia a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t} \right)_{lim} = 0,45 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 12,7$$

$$\left(\frac{b}{t} \right) = \frac{6,35}{0,635} = 10,0$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 2 \cdot I_X = 2 \cdot 29 = 58,0 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = \frac{\pi^2 20000 \cdot 58}{(1,0 \cdot 160)^2} = 447,22 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 2 \left[I_Y + A_g \left(X_g + \frac{t}{2} \right)^2 \right] = 2 \left[29 + 7,67 \left(1,83 + \frac{0,635}{2} \right)^2 \right] = 128,74 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = \frac{\pi^2 20000 \cdot 128,74}{(1,0 \cdot 160)^2} = 992,67 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0; y_0 = \sqrt{2 \left(x_g - \frac{t}{2} \right)^2} = 1,83 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 3,32 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 2,06 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = \frac{1}{3,32^2} [7700 \cdot 2,06]; \text{ pois } C_w = 0 \text{ para este caso.}$$

$$N_{ez} = 1439,07 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 747,36 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 144,45 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 15,34 \cdot 25}{447,22}} = 0,93$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,658^{\lambda_0^2} \therefore X = 0,698$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 243,35 \text{ kN} > N_{c,Ed} = 12,4 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}} \right)_x = \frac{160}{1,96} = 81,0 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}} \right)_y = \frac{3 \cdot 160}{2,89} = 166,09 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1\text{ perfil}} < \frac{1}{2}\left(\frac{kL}{r}\right)_{m\acute{a}x\text{ da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distancia entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{15,34 \cdot 25}{1,1} = 348,64 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 1 - \frac{1,83}{7,62} = 0,76$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 13,50 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 10,26 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = \frac{10,26 \cdot 40}{1,35} = 304,0 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 304,0 \text{ kN} > N_{t,Sc} = 21,4 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{160}{1,24} = 129,03 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações serão usados dois parafusos de 1".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4A_bF_{ub}}{\gamma_{a2}} = \left(\frac{0,4 \cdot 5,07 \cdot 82,5}{1,35} \right) \cdot 2 = 247,72 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = \frac{1,5 \cdot 4,4 \cdot 0,635 \cdot 40}{1,35} \cdot 2 = 248,36 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = \frac{3 \cdot 2,54 \cdot 0,635 \cdot 40}{1,35} \cdot 2 = 286,74 \text{ kN}$$

- Resistência a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} \cdot 2 = \left(\frac{0,75 \cdot 5,07 \cdot 82,5}{1,35} \right) \cdot 2 = 464,75 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Tabela 7 - Esforços solíc.e cap. de resistência por barra Trelças 01, 02, 03 e 04

TRELIÇAS 01, 02, 03 e 04		Esforços Solicitantes		Cap. de Resistência	
		Compressão	Tração	Compressão	Tração
Barra	Perfil	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)
1	L76,2x6,35 A36	10,40	7,50	114,86	146,96
2	2L63,5x6,35 A36	1,00	0,70	243,35	304,00
3	L76,2x6,35 A36	44,00	31,80	114,86	146,96
4	2L63,5x6,35 A36	30,60	42,30	243,35	304,00
5	L76,2x6,35 A36	3,30	2,40	114,86	146,96
6	2L63,5x6,35 A36	43,20	31,20	243,35	304,00
7	L76,2x6,35 A36	7,10	9,80	114,86	146,96
8	2L63,5x6,35 A36	24,50	33,90	243,35	304,00

9	L76,2x6,35 A36	23,10	16,70	114,86	146,96
10	2L63,5x6,35 A36	31,20	22,60	243,35	304,00
11	L76,2x6,35 A36	0,00	74,60	114,86	146,96
12	2L63,5x6,35 A36	40,00	18,90	243,35	304,00
13	L76,2x6,35 A36	67,90	49,10	114,86	146,96
14	2L63,5x6,35 A36	40,00	18,90	243,35	304,00
15	L76,2x6,35 A36	0,00	74,60	114,86	146,96
16	2L63,5x6,35 A36	31,20	22,60	243,35	304,00
17	L76,2x6,35 A36	23,10	16,70	114,86	146,96
18	2L63,5x6,35 A36	24,50	33,90	243,35	304,00
19	L76,2x6,35 A36	7,10	9,80	114,86	146,96
20	2L63,5x6,35 A36	43,20	31,20	243,35	304,00
21	L76,2x6,35 A36	3,30	2,40	114,86	146,96
22	2L63,5x6,35 A36	30,60	42,30	243,35	304,00
23	L76,2x6,35 A36	44,00	31,80	114,86	146,96
24	2L63,5x6,35 A36	1,00	0,70	243,35	304,00
25	L76,2x6,35 A36	10,40	7,50	114,86	146,96

3.5.2 Trelça 02 e 03

3.5.2.1 Cargas atuantes

Foi utilizada a mesma metodologia empregada na trelça 01 para o cálculo das cargas da trelça 02. Como resultado foi obtido:

- Sobrecarga (SC):

Força devido a sobrecarga atuante por nó = 1,84 kN e 0,92 kN para os nós dos beirais.

- Permanente

- Peso estrutura secundária (PES):

Força devido a estrutura secundária por nó = 0,94 kN e 0,5 kN para os nós dos beirais.

- Peso estrutura principal (PP):

Considerando o perfil utilizado e também as ligações, obteve-se o valor de 3,03 kN, para o peso próprio da trelça 01. Assim dividindo esse valor pelo vão da

treliça, obtemos um carregamento uniformemente distribuído de 0,317 kN/m. Assim a carga atuante nos nós será:

Força devido a estrutura principal por nó = 0,505 kN e 0,2525 kN para os nós dos beirais.

- Vento (V)

Força devido a ação do vento por nó = $\pm 11,49$ kN e $\pm 5,75$ kN para os nós dos beirais.

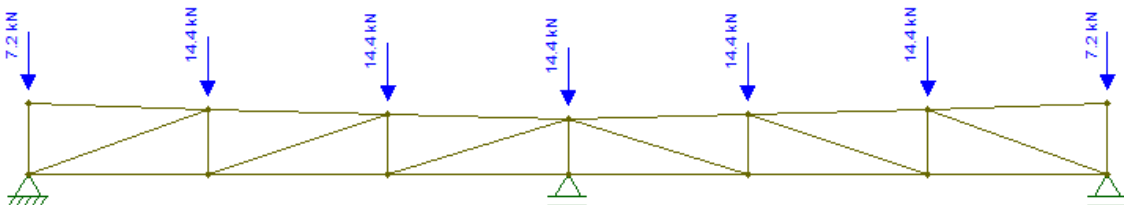
3.5.2.2 Esforços solicitantes

Como na treliça 01, para obter os esforços solicitantes de cálculo, será necessário fazer as combinações de ações atuantes na estrutura. As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, usando-se a seguinte expressão, de acordo com o item 4.7.7.2.1 e com os valores dos coeficientes de ponderação e combinação da Tabela 1 e da Tabela 2, respectivamente, da NBR 8800:2008.

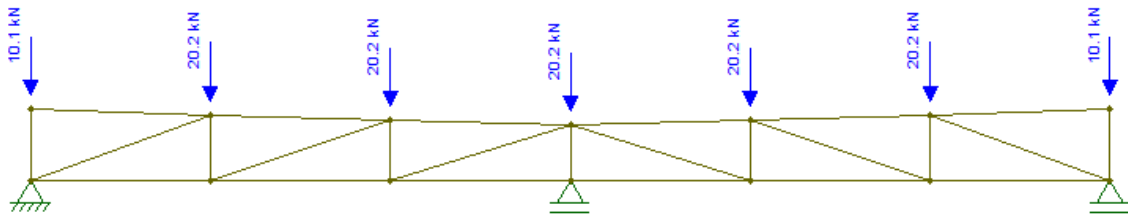
Segue abaixo os carregamentos combinados para cada hipótese de cálculo.

$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

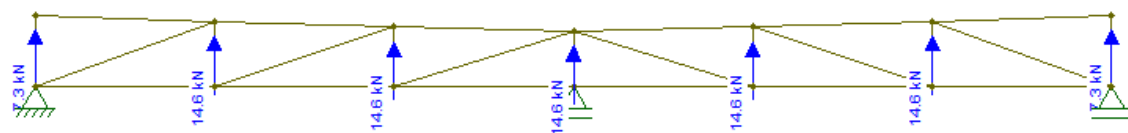
Figura 21 - Carregamento F_{d1} Treliças 02 e 03



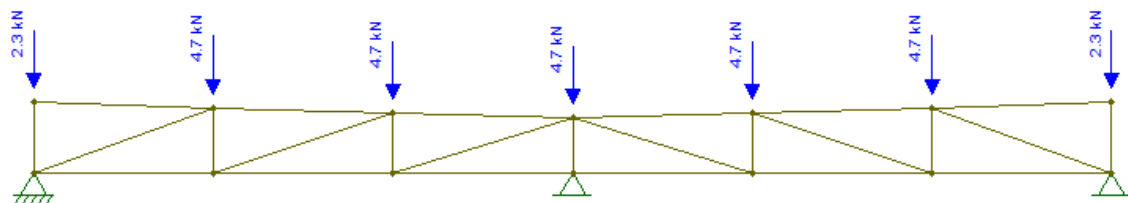
$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

Figura 22 - Carregamento F_{d2} Trelças 02 e 03

$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

Figura 23 - Carregamento F_{d3} Trelças 02 e 03

$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Figura 24 - Carregamento F_{d4} Trelças 02 e 03

Os esforços solicitantes na treliça 02 estão apresentados na tabela a seguir. O Apêndice A mostra o esquema da treliça 02 adotado, com as barras enumeradas.

Tabela 8 - Valores esforços solicitantes treliças 02 e 03

	Compressão	Tração
	$N_{c,sd}$ (kN)	$N_{t,sd}$ (kN)
Montante	-67,90	49,10
Diagonal	-53,90	74,60
Banzo superior	-43,20	31,20
Banzo inferior	-40,00	42,30

3.5.2.3 Dimensionamento treliças 02 e 03

Como as treliças 01, 02, 03 e 04 têm a mesma configuração, ao dimensionar as treliças 01 e 04 foram utilizadas as cargas mais críticas entre as quatro treliças. Portanto o dimensionamento das treliças 02 e 03 será o mesmo das treliças 01 e 04.

3.5.3 Treliça 05

3.5.3.1 Cargas atuantes

A treliça 05 recebe os carregamentos provenientes das treliças 01, 02, 03 e 04 além do carregamento do peso próprio.

- Permanente

Peso estrutura principal (PP):

Considerando o perfil utilizado e também as ligações, obteve-se o valor de 9,49 kN, para o peso próprio da treliça 05. Assim dividindo esse valor pelo vão da treliça, obtemos um carregamento uniformemente distribuído de 0,317 kN/m. Assim a carga atuante nos nós será, o carregamento uniformemente distribuído multiplicado pela área de influência do nó.

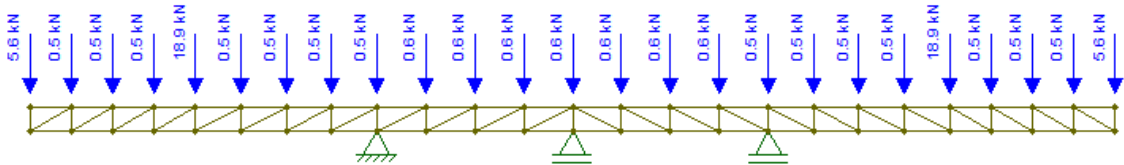
3.5.3.2 Esforços solicitantes

Como nas treliças anteriores, para obter os esforços solicitantes de cálculo, será necessário fazer as combinações de ações atuantes na estrutura. As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, usando-se a seguinte expressão, de acordo com o item 4.7.7.2.1 e com os valores dos coeficientes de ponderação e combinação da Tabela 1 e da Tabela 2, respectivamente, da NBR 8800:2008.

Segue abaixo os carregamentos combinados para cada hipótese de cálculo.

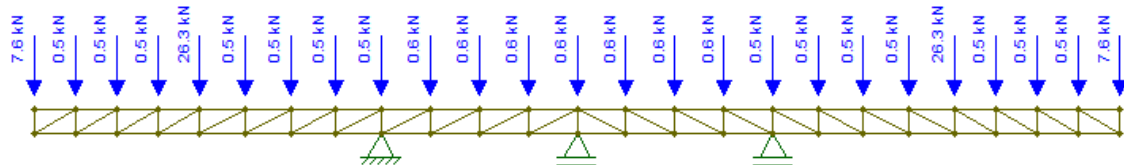
$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

Figura 25 - Carregamento F_{d1} Treliza 05

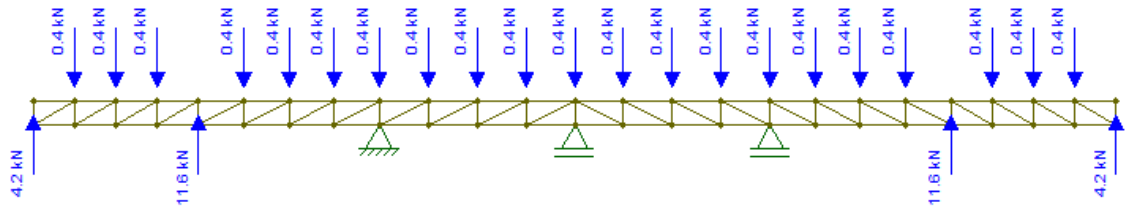


$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

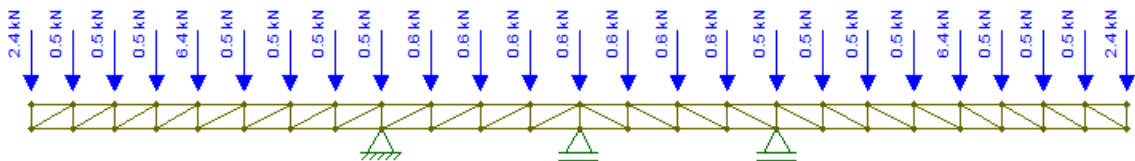
Figura 26 - Carregamento F_{d2} Treliza 05



$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

Figura 27 - Carregamento F_{d3} Trelça 05

$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Figura 28 - Carregamento F_{d4} Trelça 05

Os esforços solicitantes na treliça 05 estão apresentados na tabela a seguir. No Apêndice A, apresenta-se o esquema da treliça 05 adotado, com as barras enumeradas.

Tabela 9 - Valores esforços solicitantes treliça 05

	Compressão	Tração
	$N_{c,sd}$ (kN)	$N_{t,sd}$ (kN)
Montante	-41,80	97,90
Diagonal	-114,60	74,90
Banzo superior	-131,00	330,20
Banzo inferior	-331,00	131,30

3.5.3.3 Dimensionamento treliças 05

Conforme cálculos já demonstrados para treliça 01 e 04, as forças atuantes na treliça 05 geraram os seguintes resultados:

- Montantes e diagonais

Tanto para montantes como para as diagonais foi adotada cantoneira simples L76,2x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 144 cm, pois é o elemento mais longo entre os montantes e diagonais. As propriedades para a cantoneira L 76,2x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistência à compressão

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 12,0$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 20,90 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 198,95 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = I_Y + I_X - I_x = 79,10 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 752,98 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,56 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4.21 \text{ cm}$$

$$J = 1,24 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 538,70 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 387,176 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 198,95 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 1,167$$

Para, $\lambda_0 > 1,5 \rightarrow X = \frac{0,877}{\lambda_0^2} \therefore X = 0,645$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 136,183 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 114,6 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{144}{1,5} = 96 < 200 \rightarrow OK$$

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{9,29 \cdot 25}{1,1} = 211,14 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,68$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 7,66 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 5,21 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 154,37 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 154,37 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 97,9 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{144}{1,5} = 96 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado dois parafusos de 7/8".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 189,69 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 214,49 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 250,95 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 355,67 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

- Banzos superior e inferior

Para os banzos superior e inferior foi adotado cantoneiras duplas L76,2x7,94 ASTM A36 e o comprimento utilizado para calculo será de 130 cm. As propriedades para cantoneira L76,2x7,94 encontram-se no catálogo do fabricante.

d) Resistencia a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 9,60$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 124 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 1448,32 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 280,0 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 3270,4 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,21 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4,73 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 4,82 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 2035,55 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 1661,19 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 1448,32 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,629$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,85$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 443,55 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 331,0 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_x = \frac{130}{1,50} = 86,67 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_y = \frac{4 * 130}{3,49} = 148,99 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1\text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{\text{máx da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distancia entre si de 50 cm.

e) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 521,82 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,78$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 20,67 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 16,17 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 479,11 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 479,11 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 330,2 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{144}{1,5} = 96 < 300 \rightarrow OK$$

f) Ligações:

Para as ligações será usado 3 parafusos de 1".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 371,80 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 465,80 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 537,80 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 697,13 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Tabela 10 - Esforços solíc.e cap. de resistência por barra Trelíça 05

TRELIÇA 05		Esforços Solicitantes		Cap. de Resistencia	
		Compressão	Tração	Compressão	Tração
Barra	Perfil	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)
1	L76,2x6,35 A36	7,40	4,10	136,18	154,37
2	2L76,2x7,94 A36	0,20	0,40	443,55	479,11
3	L76,2x6,35 A36	8,00	14,50	136,18	154,37
4	2L76,2x7,94 A36	13,00	7,20	443,55	479,11
5	L76,2x6,35 A36	7,70	3,60	136,18	154,37
6	2L76,2x7,94 A36	7,50	13,70	443,55	479,11
7	L76,2x6,35 A36	7,30	15,60	136,18	154,37
8	2L76,2x7,94 A36	27,20	13,90	443,55	479,11
9	L76,2x6,35 A36	8,20	3,20	136,18	154,37
10	2L76,2x7,94 A36	14,20	27,90	443,55	479,11
11	L76,2x6,35 A36	6,50	16,40	136,18	154,37
12	2L76,2x7,94 A36	42,20	19,90	443,55	479,11
13	L76,2x6,35 A36	8,70	2,90	136,18	154,37
14	2L76,2x7,94 A36	20,10	42,70	443,55	479,11
15	L76,2x6,35 A36	6,00	17,90	136,18	154,37
16	2L76,2x7,94 A36	58,30	25,30	443,55	479,11
17	L76,2x6,35 A36	34,30	14,20	136,18	154,37
18	2L76,2x7,94 A36	26,10	60,30	443,55	479,11
19	L76,2x6,35 A36	29,80	72,10	136,18	154,37
20	2L76,2x7,94 A36	124,20	52,50	443,55	479,11
21	L76,2x6,35 A36	34,20	13,60	136,18	154,37
22	2L76,2x7,94 A36	53,80	127,40	443,55	479,11
23	L76,2x6,35 A36	29,30	73,80	136,18	154,37
24	2L76,2x7,94 A36	192,80	79,80	443,55	479,11
25	L76,2x6,35 A36	34,30	13,20	136,18	154,37
26	2L76,2x7,94 A36	81,00	195,90	443,55	479,11
27	L76,2x6,35 A36	28,50	74,90	136,18	154,37
28	2L76,2x7,94 A36	262,30	106,30	443,55	479,11

29	L76,2x6,35 A36	35,00	12,80	136,18	154,37
30	2L76,2x7,94 A36	107,60	265,90	443,55	479,11
31	L76,2x6,35 A36	26,80	73,50	136,18	154,37
32	2L76,2x7,94 A36	331,00	131,30	443,55	479,11
33	L76,2x6,35 A36	37,20	13,00	136,18	154,37
34	2L76,2x7,94 A36	131,00	330,20	443,55	479,11
35	L76,2x6,35 A36	114,00	43,70	136,18	154,37
36	2L76,2x7,94 A36	227,70	91,70	443,55	479,11
37	L76,2x6,35 A36	19,70	49,70	136,18	154,37
38	2L76,2x7,94 A36	89,60	222,40	443,55	479,11
39	L76,2x6,35 A36	114,60	45,30	136,18	154,37
40	2L76,2x7,94 A36	119,20	48,90	443,55	479,11
41	L76,2x6,35 A36	20,10	49,30	136,18	154,37
42	2L76,2x7,94 A36	46,90	114,30	443,55	479,11
43	L76,2x6,35 A36	113,40	46,20	136,18	154,37
44	2L76,2x7,94 A36	12,20	5,30	443,55	479,11
45	L76,2x6,35 A36	20,30	48,30	136,18	154,37
46	2L76,2x7,94 A36	3,00	6,70	443,55	479,11
47	L76,2x6,35 A36	108,80	45,70	136,18	154,37
48	2L76,2x7,94 A36	38,10	91,10	443,55	479,11
49	L76,2x6,35 A36	41,80	97,90	136,18	154,37

3.5.4 Treliza 06

3.5.4.1 Cargas atuantes

A treliza 06 recebe os carregamentos provenientes das treliças 01, 02, 03 e 04 além dos:

- Sobrecarga (SC):

Força devido a sobrecarga atuante por nó = 2,0 kN e 1,0 kN para os nós dos beirais.

- Permanente

- Peso estrutura secundária (PES):

Força devido a estrutura secundária por nó = 1,0 kN e 0,5 kN para os nós dos beirais.

- Peso estrutura principal (PP):

Considerando o perfil utilizado e também as ligações, obteve-se o valor de 8,97 kN, para o peso próprio da treliça 04. Assim dividindo esse valor pelo vão da treliça, obtemos um carregamento uniformemente distribuído de 0,31 kN/m. Assim a carga atuante nos nós será, o carregamento uniformemente distribuído multiplicado pela área de influência do nó.

- Vento (V)

Força devido a ação do vento por nó = $\pm 12,7$ kN e $\pm 6,35$ kN para os nós dos beirais.

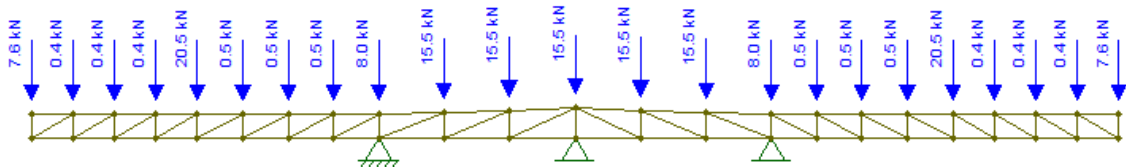
3.5.4.2 Esforços solicitantes

Como nas treliças anteriores, para obter os esforços solicitantes de cálculo, será necessário fazer as combinações de ações atuantes na estrutura. As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, usando-se a seguinte expressão, de acordo com o item 4.7.7.2.1 e com os valores dos coeficientes de ponderação e combinação da Tabela 1 e da Tabela 2, respectivamente, da NBR 8800:2008.

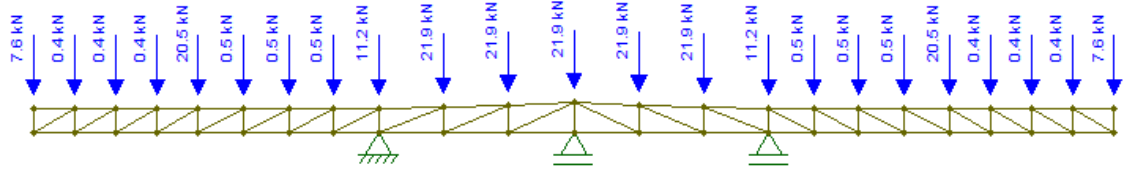
Seguem abaixo os carregamentos combinados para cada hipótese de cálculo.

$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

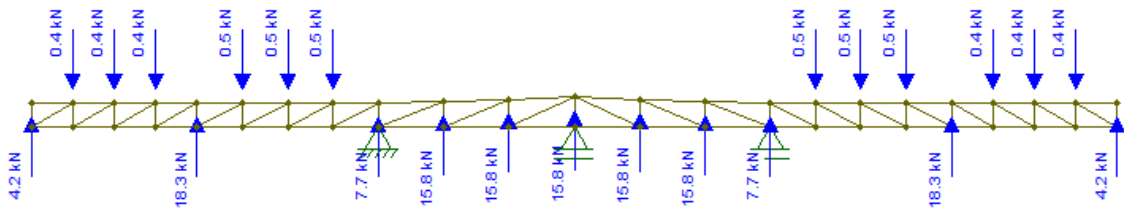
Figura 29 - Carregamento F_{d1} Treliça 06



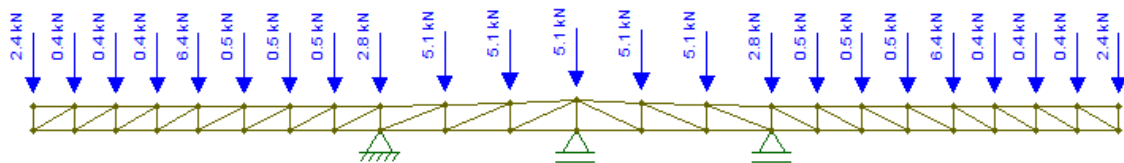
$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

Figura 30 - Carregamento F_{d2} Trelça 06

$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

Figura 31 - Carregamento F_{d3} Trelça 06

$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Figura 32 - Carregamento F_{d4} Trelça 06

Os esforços solicitantes na treliça 06 estão apresentados na tabela a seguir. No Apêndice A apresenta-se o esquema da treliça 06 adotado, com as barras enumeradas.

Tabela 11 - Valores esforços solicitantes treliça 06

	Compressão	Tração
	$N_{c,sd}$ (kN)	$N_{t,sd}$ (kN)
Montante	-33,80	39,60
Diagonal	-172,60	113,10
Banzo superior	-180,40	284,60
Banzo inferior	-286,20	181,60

3.5.4.3 Dimensionamento treliças 06

Conforme cálculos já demonstrados para treliça 01 e 04, as forças atuantes na treliça 06 geraram os seguintes resultados:

- Montantes

Para os montantes foi adotada cantoneira simples L 63,5x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 78 cm, pois é o elemento mais longo entre os montantes. As propriedades para a cantoneira L 63,5x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistência à compressão

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 10,0$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 11,79 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 382,52 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = I_Y + I_X - I_x = 46,21 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 1499,26 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,14 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 3,5 \text{ cm}$$

$$J = 1,03 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 647,43 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 535,95 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 382,52 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,71$$

$$\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,81$$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 141,20 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 33,8 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbelteza para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{78}{1,24} = 62,9 < 200 \rightarrow OK$$

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 174,32 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,52$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 6,64 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 3,45 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 102,22 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 102,22 > N_{t,Sd} = 39,6 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{78}{1,24} = 62,9 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado dois parafusos de 1/2".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 61,93 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 124,2 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 143,4 \text{ kN}$$

- Resistência a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 116,12 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

- Diagonais

Para as diagonais foram adotadas cantoneiras duplas L 6,35x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 191 cm. As propriedades para cantoneira L 6,35x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

- a) Resistência a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = \frac{6,35}{0,635} = 10,0$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 58,0 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 313,83 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 128,74 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 696,59 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 1,83 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 3,32 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 2,06 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 1439,07 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 578,46 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 313,83 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 1,11$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,658^{\lambda_0^2} \therefore X = 0,60$

$$N_{c,Rd} = \frac{XQA_gf_y}{\gamma_{a1}} = 209,18 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 172,60 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{191}{1,96} = 97,45 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1 \text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{máx \text{ da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{15,34 \cdot 25}{1,1} = 348,64 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 0,76$$

$$A_n = 13,50 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 10,26 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 304,0 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 304,0 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 113,10 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{191}{1,96} = 97,45 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado dois parafusos de 1".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 247,72 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 248,36 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 286,74 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 464,75 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

- Banzos superior e inferior

Para os banzos superior e inferior foram adotadas cantoneiras duplas L76,2x7,94 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 174 cm. As propriedades para cantoneira L76,2x7,94 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistencia a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 9,60$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 124 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 808,45 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 280,0 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 1825,53 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,21 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4,73 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 4,82 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 2035,55 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 1309,68 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 808,45 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,84$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,744$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 388,23 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 286,2 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_x = \frac{174}{1,50} = 116 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_y = \frac{4 * 130}{3,49} = 148,99 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1\text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{m\acute{a}x\text{ da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 521,82 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,78$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 20,67 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 16,17 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 479,11 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 479,11 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 284,60 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{174}{1,5} = 116 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado 3 parafusos de 1".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 371,80 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 465,80 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 537,80 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 697,13 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Tabela 12 - Esforços solicitantes e cap. de resistência por barra Treliza 06

TRELIÇA 06		Esforços Solicitantes		Cap. de Resistencia	
		Compressão	Tração	Compressão	Tração
Barra	Perfil	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)
1	L63,5x6,35 A35	7,40	4,10	141,20	102,22
2	2L76,2x7,94 A36	0,20	0,30	388,23	479,11
3	2L63,5x6,35 A36	8,20	14,80	209,18	304,00
4	2L76,2x7,94 A36	13,10	7,30	388,23	479,11
5	L63,5x6,35 A35	7,70	3,70	141,20	102,22
6	2L76,2x7,94 A36	7,50	13,60	388,23	479,11
7	2L63,5x6,35 A36	7,40	15,70	209,18	304,00
8	2L76,2x7,94 A36	27,20	14,00	388,23	479,11
9	L63,5x6,35 A35	8,10	3,30	141,20	102,22
10	2L76,2x7,94 A36	14,20	27,70	388,23	479,11
11	2L63,5x6,35 A36	6,60	16,40	209,18	304,00
12	2L76,2x7,94 A36	42,00	19,90	388,23	479,11
13	L63,5x6,35 A35	8,60	2,90	141,20	102,22
14	2L76,2x7,94 A36	20,10	42,40	388,23	479,11
15	2L63,5x6,35 A36	6,20	17,50	209,18	304,00
16	2L76,2x7,94 A36	57,70	25,50	388,23	479,11
17	L63,5x6,35 A35	28,70	20,90	141,20	102,22
18	2L76,2x7,94 A36	26,30	58,90	388,23	479,11
19	2L63,5x6,35 A36	44,20	60,90	209,18	304,00
20	2L76,2x7,94 A36	113,00	65,50	388,23	479,11
21	L63,5x6,35 A35	28,80	20,10	141,20	102,22
22	2L76,2x7,94 A36	66,90	114,90	388,23	479,11
23	2L63,5x6,35 A36	43,50	62,40	209,18	304,00
24	2L76,2x7,94 A36	170,30	105,50	388,23	479,11
25	L63,5x6,35 A35	29,30	19,60	141,20	102,22
26	2L76,2x7,94 A36	106,80	172,20	388,23	479,11
27	2L63,5x6,35 A36	42,60	63,60	209,18	304,00
28	2L76,2x7,94 A36	228,50	144,60	388,23	479,11
29	L63,5x6,35 A35	29,70	19,10	141,20	102,22
30	2L76,2x7,94 A36	146,10	230,90	388,23	479,11

31	2L63,5x6,35 A36	40,10	62,40	209,18	304,00
32	2L76,2x7,94 A36	286,20	181,60	388,23	479,11
33	L63,5x6,35 A35	33,80	22,30	141,20	102,22
34	2L76,2x7,94 A36	180,40	284,60	388,23	479,11
35	2L63,5x6,35 A36	172,60	113,10	209,18	304,00
36	2L76,2x7,94 A36	134,90	75,10	388,23	479,11
37	L63,5x6,35 A35	23,10	39,60	141,20	102,22
38	2L76,2x7,94 A36	72,30	130,70	388,23	479,11
39	2L63,5x6,35 A36	103,70	60,70	209,18	304,00
40	2L76,2x7,94 A36	35,00	16,30	388,23	479,11
41	L63,5x6,35 A35	6,30	22,20	141,20	102,22
42	2L76,2x7,94 A36	15,40	33,00	388,23	479,11
43	2L63,5x6,35 A36	54,40	15,90	209,18	304,00
44	2L76,2x7,94 A36	0,00	16,40	388,23	479,11
45	L63,5x6,35 A35	0,00	27,50	141,20	102,22

3.5.5 Treliza 07 e 08

3.5.5.1 Cargas atuantes

- Sobrecarga (SC)

Força devido a sobrecarga atuante por nó = 2,0 kN e 0,5 kN para os nós dos beirais.

- Permanente

- Peso estrutura secundária (PES):

Força devido a estrutura secundária por nó = 1,0 kN e 0,5 kN para os nós dos beirais.

- Peso estrutura principal (PP):

Considerando o perfil utilizado e também as ligações, obteve-se o valor de 8,97 kN, para o peso próprio da treliza 07 e 08. Assim dividindo esse valor pelo vão da treliza, obtemos um carregamento uniformemente distribuído de 0,32 kN/m. Assim a carga atuante nos nós será, o carregamento uniformemente distribuído multiplicado pela área de influência do nó.

- Vento (V)

Força devido a ação do vento por nó = $\pm 12,7$ kN e $\pm 6,35$ kN para os nós dos beirais.

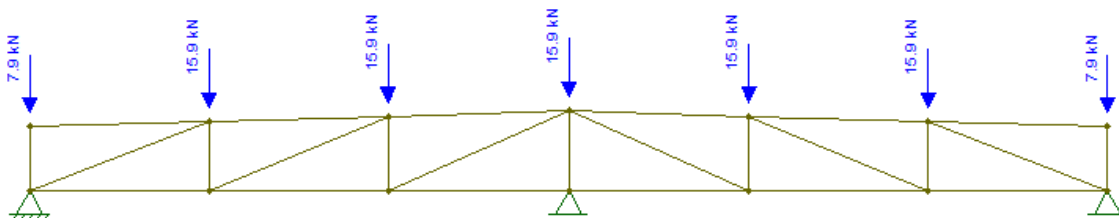
3.5.5.2 Esforços solicitantes

Como nas treliças anteriores, para obter os esforços solicitantes de cálculo, será necessário fazer as combinações de ações atuantes na estrutura. As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, usando-se a seguinte expressão, de acordo com o item 4.7.7.2.1 e com os valores dos coeficientes de ponderação e combinação da Tabela 1 e da Tabela 2, respectivamente, da NBR 8800:2008.

Segue abaixo os carregamentos combinados para cada hipótese de cálculo.

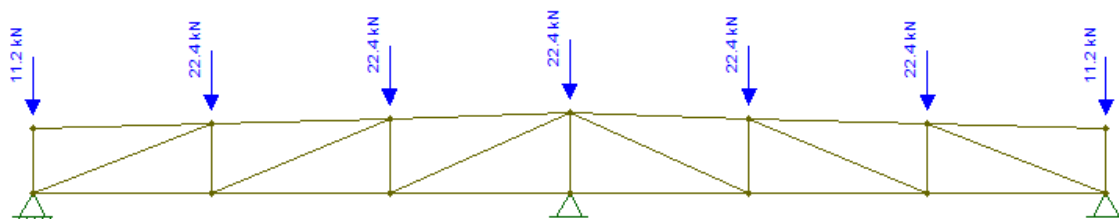
$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

Figura 33 - Carregamento F_{d1} Treliças 07 e 08



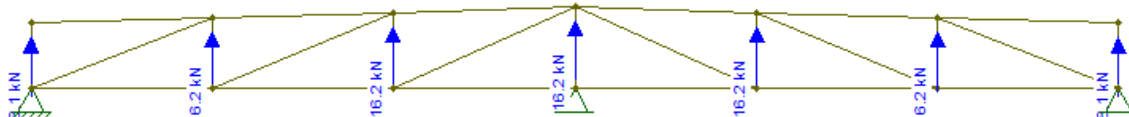
$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

Figura 34 - Carregamento F_{d2} Treliças 07 e 08



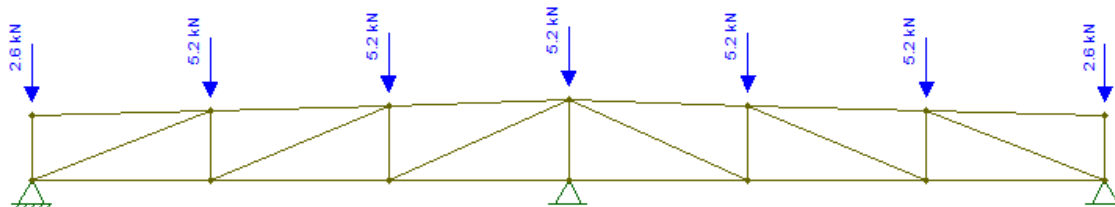
$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

Figura 35 - Carregamento F_{d3} Trelças 07 e 08



$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Figura 36 - Carregamento F_{d4} Trelças 07 e 08



Os esforços solicitantes nas treliças 07 e 08 estão apresentados na tabela a seguir. No Apêndice A apresenta-se o esquema das treliças 07 e 08 adotado, com as barras enumeradas.

Tabela 13 - Valores esforços solicitantes treliças 07 e 08

	Compressão	Tração
	$N_{c,sd}$ (kN)	$N_{t,sd}$ (kN)
Montante	-79,30	57,40
Diagonal	-50,20	69,40
Banzo superior	-40,20	29,10
Banzo inferior	-42,30	39,80

3.5.5.3 Dimensionamento treliças 07 e 08

Conforme cálculos já demonstrados para treliça 01 e 04, as forças atuantes na treliça 07 e 08 geraram os seguintes resultados:

- Montantes, diagonais, banzo superior e banzo inferior

Para todas as barras desta treliça foi adotado cantoneiras simples L76,2x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 191 cm, pois é o elemento mais longo entre todos. As propriedades para cantoneira L 76,2x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistência à compressão

- Flambagem local (conforme NBR8800/2008, anexo F):

$$\left(\frac{b}{t}\right)_{lim} = 0,45 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 12,7$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) = \frac{7,62}{0,635} = 12,0$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = r_z^2 \cdot A_g = 1,5^2 \cdot 9,29 = 20,90 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 113,09 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = I_Y + I_X - I_x = 79,10 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = \frac{\pi^2 20000 \cdot 79,1}{(1,0 \cdot 169)^2} = 427,99 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,56 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4,21 \text{ cm}$$

$$J = 1,24 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 538,70 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 295,39 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 113,09 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 1,43$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,425$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 89,73 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 79,3 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}} \right)_x = \frac{191}{1,5} = 127,33 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_y = \frac{2 * 174}{2,34} = 148,72 < 200 \rightarrow OK$$

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = \frac{9,29 \cdot 25}{1,1} = 211,14 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,44$$

$$0,6 < C_t < 0,9 \therefore C_t = 0,6$$

$$A_n = 8,26 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 4,96 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = \frac{4,96 \cdot 40}{1,35} = 146,96 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 146,96 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 89,4 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = \frac{191}{1,5} = 127,33 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado dois parafusos de ½".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 62,08 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 129,82 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 143,36 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 116,417 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Tabela 14 - Esforços solicitantes e cap. de resistência por barra Trelças 07 e 08

TRELIÇAS 07 e 08		Esforços Solicitantes		Cap. de Resistencia	
		Compressão	Tração	Compressão	Tração
Barra	Perfil	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)
1	L76,2x6,35 A36	11,50	8,30	89,73	146,96
2	L76,2x6,35 A36	0,90	0,70	89,73	146,96
3	L76,2x6,35 A36	41,70	30,20	89,73	146,96
4	L76,2x6,35 A36	28,80	39,80	89,73	146,96
5	L76,2x6,35 A36	7,80	5,70	89,73	146,96

6	L76,2x6,35 A36	40,20	29,10	89,73	146,96
7	L76,2x6,35 A36	14,00	19,40	89,73	146,96
8	L76,2x6,35 A36	16,10	22,30	89,73	146,96
9	L76,2x6,35 A36	29,10	21,10	89,73	146,96
10	L76,2x6,35 A36	20,90	15,10	89,73	146,96
11	L76,2x6,35 A36	50,20	89,40	89,73	146,96
12	L76,2x6,35 A36	42,30	30,60	89,73	146,96
13	L76,2x6,35 A36	79,30	57,40	89,73	146,96

3.5.6 Trelça 09, 10 e 11

3.5.6.1 Cargas atuantes

A trelça 09, 10 e 11 recebe os carregamentos provenientes das treliças 05, 06 e 07 além da:

- Sobrecarga (SC):

Força devido a sobrecarga atuante por nó = 2,0 kN e 1,0 kN para os nós dos beirais.

- Permanente

- Peso estrutura secundária (PES):

Força devido a estrutura secundária por nó = 1,0 kN e 0,5 kN para os nós dos beirais.

- Peso estrutura principal (PP):

Considerando o perfil utilizado e também as ligações, obteve-se o valor de 6,26 kN, para o peso próprio da trelça 06. Assim dividindo esse valor pelo vão da trelça, obtemos um carregamento uniformemente distribuído de 0,32 kN/m. Assim a carga atuante nos nós será, o carregamento uniformemente distribuído multiplicado pela área de influência do nó.

- Vento (V)

Força devido a ação do vento por nó = $\pm 12,42$ kN e $\pm 6,21$ para os nós dos beirais.

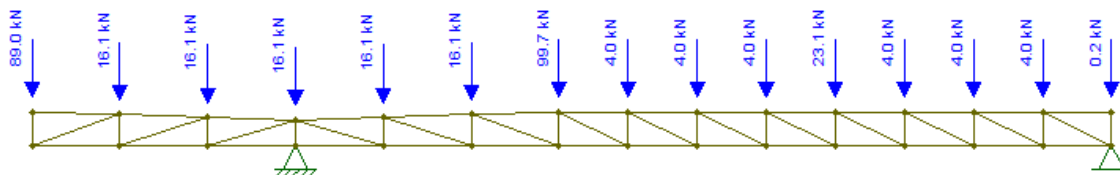
3.5.6.2 Esforços solicitantes

Como nas treliças anteriores, para obter os esforços solicitantes de cálculo, será necessário fazer as combinações de ações atuantes na estrutura. As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, usando-se a seguinte expressão, de acordo com o item 4.7.7.2.1 e com os valores dos coeficientes de ponderação e combinação da Tabela 1 e da Tabela 2, respectivamente, da NBR 8800:2008.

Segue abaixo os carregamentos combinados para cada hipótese de cálculo.

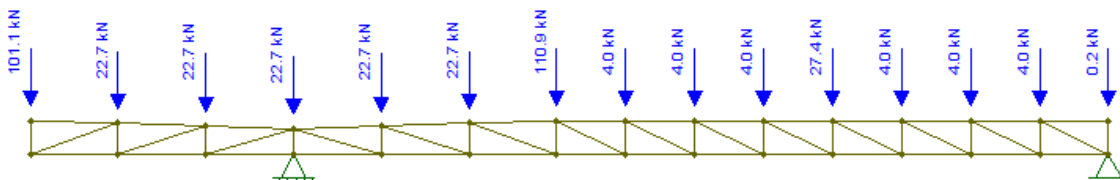
$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

Figura 37 - Carregamento F_{d1} Trelças 09, 10 e 11



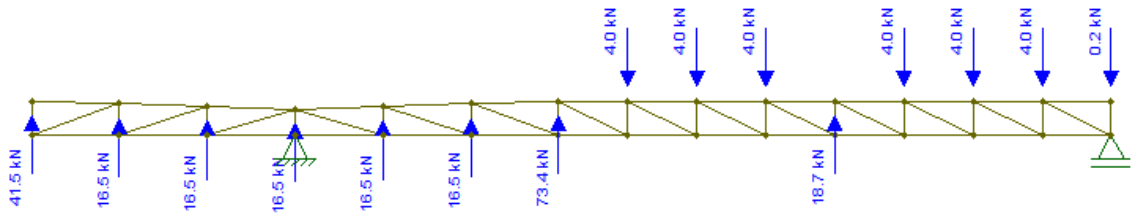
$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

Figura 38 - Carregamento F_{d2} Trelças 09, 10 e 11



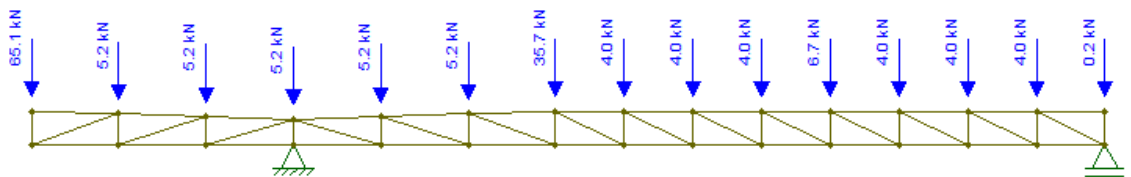
$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

Figura 39 - Carregamento F_{d3} Trelças 09, 10 e 11



$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Figura 40 - Carregamento F_{d4} Trelças 09, 10 e 11



Os esforços solicitantes nas treliças 09, 10 e 11 estão apresentados na tabela a seguir. No Apêndice A apresenta-se o esquema das treliças 09, 10 e 11 adotado, com as barras enumeradas.

Tabela 15 - Valores esforços solicitantes treliças 09, 10 e 11

	n° barra	Compressão	Tração
		$N_{c, Sd}$ (kN)	$N_{t, Sd}$ (kN)
Montante	01 ao 25	-327,30	178,90
	29 ao 55	-19,40	32,00
Diagonal	03 ao 23	-315,60	583,40
	27 ao 57	-79,90	40,30
Banzo superior	02 ao 22	-310,40	698,70
	26 ao 54	-248,90	127,70
Banzo inferior	04 ao 24	-907,15	555,00
	28 ao 56	-149,80	248,20

3.5.6.3 Dimensionamento treliças 09, 10 e 11

Conforme cálculos já demonstrados para treliça 01 e 04, as forças atuantes na treliça 05 geraram os seguintes resultados:

- Montantes e diagonais

Para os montantes e diagonais do número 27 até 57 foram adotadas cantoneira simples L 76,2x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para calculo será de 140 cm, pois é o elemento mais longo entre os montantes e diagonais. As propriedades para a cantoneira L 76,2x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistência à compressão

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 12$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 20,90 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 210,48 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = I_Y + I_X - I_x = 79,1 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 796,62 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,56 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4,21 \text{ cm}$$

$$J = 1,25 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 543,05 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 397,23 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 210,48 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 1,05$$

$$\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,63$$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 133,02 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 63 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = 93,33 < 200 \rightarrow OK$$

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 211,14 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,72$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 7,85 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 5,65 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 167,57 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 167,57 > N_{t,Sd} = 41,0 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 93,33 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado dois parafusos de 3/4".

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 139,82 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 180,62 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 215,62 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 262,17 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Para os montantes e diagonais, do número 1 até 25, foram adotadas cantoneira simples L 76,2x9,52 ASTM A36 e o comprimento utilizado para calculo será de 169 cm, pois é o elemento mais longo entre os montantes e diagonais. As propriedades para a cantoneira L 76, 2x9,52 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistencia a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 8,00$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 150,00 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 1036,69 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 557,52 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 3853,16 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 3,87 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 5,06 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 4,11 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 1236,04 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 1020,82 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 1020,82 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,82$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,658^{\lambda_0^2} \therefore X = 0,7547$

$$N_{c,Rd} = \frac{XQA_gf_y}{\gamma_{a1}} = 466,89 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 327,3 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = 73,16 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1 \text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{\text{máx da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 618,64 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 0,83$$

$$A_n = 24,47 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 20,31 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 601,78 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 601,78 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 583,40 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 114,97 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado 4 parafusos de 1" ASTM A 490.

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 621,92 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 744,68 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 859,76 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 1.165,33 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

- Banzos superior e inferior

Para os banzos superior e inferior, do número 28 até 56, foram adotadas cantoneiras duplas L76,2x7,94 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 125 cm. As propriedades para cantoneira L76,2x7,94 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistencia a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 9,60$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 124 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 1566,5 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 280,0 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 3537,9 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,56 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4,18 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 2,41 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 1062,08 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 935,84 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 935,84 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,78$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,7752$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 404,51 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 248,90 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_x = 53,41 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_y = \frac{4 * 125}{3,49} = 143,27 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1\text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{\text{máx da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 521,82 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,71$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 20,67 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 14,67 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 434,67 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 434,67 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 248,20 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 83,33 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado 3 parafusos de 1" A 325.

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 371,80 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 465,81 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 537,80 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 697,13 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Para os banzos superior e inferior, do número 2 até 24, foram adotadas cantoneiras duplas L101,6x12,7 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 160 cm. As propriedades para cantoneira L101,6x12,7 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistência a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 8$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 466 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 3593,15 \text{ kN}$$

- Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 1741,87 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 13.430,90 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 3,34 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 5,51 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 13,00 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 3297,09 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 2983,92 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 2983,92 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,64$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,84$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 926,32 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 907,15 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_x = 51,61 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_y = \frac{3 * 160}{6} = 80 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1\text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{\text{máx da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 1099,55 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,83$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 4,71 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 37,11 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 1099,56 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 1099,55 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 698,7 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 80,81 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado 4 parafusos de $1\frac{1}{4}$ " ASTM A 490.

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 973,97 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 948,27 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 1.435,95 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 1.826,72 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Tabela 16 - Esforços solíc.e cap. de resistência por barra Trelças 09, 10 e 11

TRELIÇAS 09, 10 e 11		Esforços Solicitantes		Cap. de Resistencia	
		Compressão	Tração	Compressão	Tração
Barra	Perfil	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)
1	L76,2x9,52 A36	99,20	40,70	466,89	601,78
2	2L101,6x12,7 A36	2,30	5,70	926,32	1099,55
3	L76,2x9,52 A36	117,20	285,20	466,89	601,78
4	2L101,6x12,7 A36	273,90	112,50	926,32	1099,55
5	L76,2x9,52 A36	128,40	59,80	466,89	601,78
6	2L101,6x12,7 A36	118,80	288,20	926,32	1099,55
7	L76,2x9,52 A36	187,60	403,50	466,89	601,78
8	2L101,6x12,7 A36	671,10	296,80	926,32	1099,55
9	L76,2x9,52 A36	155,50	78,10	466,89	601,78
10	2L101,6x12,7 A36	310,40	698,70	926,32	1099,55
11	L76,2x9,52 A36	256,30	511,10	466,89	601,78
12	2L101,6x12,7 A36	907,15	555,00	926,32	1099,55
13	L76,2x9,52 A36	327,30	178,90	466,89	601,78
14	2L101,6x12,7 A36	252,00	627,80	926,32	1099,55
15	L76,2x9,52 A36	315,60	583,40	466,89	601,78
16	2L101,6x12,7 A36	901,89	553,30	926,32	1099,55
17	L76,2x9,52 A36	176,90	95,70	466,89	601,78
18	2L101,6x12,7 A36	10,30	237,00	926,32	1099,55
19	L76,2x9,52 A36	237,60	464,20	466,89	601,78
20	2L101,6x12,7 A36	597,10	235,90	926,32	1099,55
21	L76,2x9,52 A36	147,60	75,60	466,89	601,78
22	2L101,6x12,7 A36	176,50	147,70	926,32	1099,55
23	L76,2x9,52 A36	159,40	336,50	466,89	601,78
24	2L101,6x12,7 A36	229,10	2,10	926,32	1099,55
25	L76,2x9,52 A36	117,60	56,00	466,89	601,78
26	2L76,2x7,94 A36	211,90	127,70	404,51	434,67
27	L76,2x6,35 A36	0,00	33,00	133,02	167,57
28	2L76,2x7,94 A36	149,80	182,30	404,51	434,67
29	L76,2x6,35 A36	19,40	0,00	133,02	167,57
30	2L76,2x7,94 A36	232,00	111,00	404,51	434,67
31	L76,2x6,35 A36	0,00	34,30	133,02	167,57
32	2L76,2x7,94 A36	126,80	212,40	404,51	434,67
33	L76,2x6,35 A36	15,40	0,00	133,02	167,57
34	2L76,2x7,94 A36	244,60	102,80	404,51	434,67
35	L76,2x6,35 A36	0,00	25,70	133,02	167,57

36	2L76,2x7,94 A36	110,60	232,60	404,51	434,67
37	L76,2x6,35 A36	11,60	0,00	133,02	167,57
38	2L76,2x7,94 A36	248,90	102,10	404,51	434,67
39	L76,2x6,35 A36	0,00	17,00	133,02	167,57
40	2L76,2x7,94 A36	102,70	245,00	404,51	434,67
41	L76,2x6,35 A36	7,70	0,20	133,02	167,57
42	2L76,2x7,94 A36	199,90	65,50	404,51	434,67
43	L76,2x6,35 A36	54,00	40,30	133,02	167,57
44	2L76,2x7,94 A36	101,50	248,20	404,51	434,67
45	L76,2x6,35 A36	18,20	24,30	133,02	167,57
46	2L76,2x7,94 A36	141,60	35,70	404,51	434,67
47	L76,2x6,35 A36	63,10	32,00	133,02	167,57
48	2L76,2x7,94 A36	64,30	198,00	404,51	434,67
49	L76,2x6,35 A36	14,40	28,20	133,02	167,57
50	2L76,2x7,94 A36	75,40	14,00	404,51	434,67
51	L76,2x6,35 A36	71,70	23,30	133,02	167,57
52	2L76,2x7,94 A36	34,80	139,50	404,51	434,67
53	L76,2x6,35 A36	10,50	32,00	133,02	167,57
54	2L76,2x7,94 A36	1,40	0,30	404,51	434,67
55	L76,2x6,35 A36	79,90	14,70	133,02	167,57
56	2L76,2x7,94 A36	13,40	73,00	404,51	434,67
57	L76,2x6,35 A36	0,90	0,00	133,02	167,57

3.5.7 Treliza 12, 13 e 14

3.5.7.1 Cargas atuantes

As treliças 12, 13 e 14 recebem os carregamentos provenientes das treliças 01, 02, 03, 04, 09, 10 e 11 além do carregamento do peso próprio.

- Permanente

Peso estrutura principal (PP):

Considerando o perfil utilizado e também as ligações, obteve-se o valor de 8,40 kN, para o peso próprio da treliça 12. Assim dividindo esse valor pelo vão da treliça, obtemos um carregamento uniformemente distribuído de 0,30 kN/m. Assim a carga atuante nos nós será, o carregamento uniformemente distribuído multiplicado pela área de influência do nó.

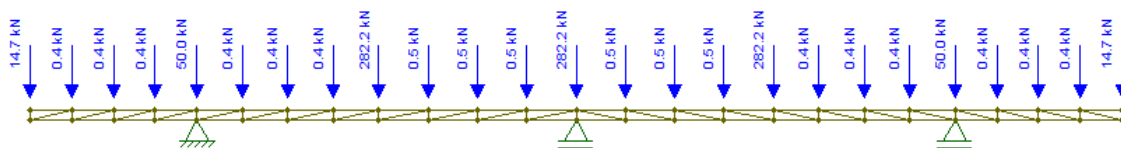
3.5.7.2 Esforços solicitantes

Como nas treliças anteriores, para obter os esforços solicitantes de cálculo, será necessário fazer as combinações de ações atuantes na estrutura. As combinações últimas normais decorrem do uso previsto para a edificação, usando-se a seguinte expressão, de acordo com o item 4.7.7.2.1 e com os valores dos coeficientes de ponderação e combinação da Tabela 1 e da Tabela 2, respectivamente, da NBR 8800:2008.

Segue abaixo os carregamentos combinados para cada hipótese de cálculo.

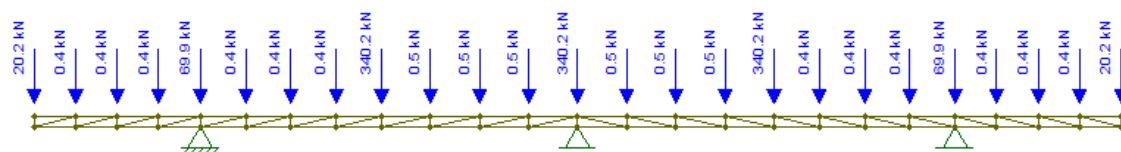
$$F_{d1} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC + 1,4 \cdot 0,6 \cdot V$$

Figura 41 - Carregamento F_{d1} Treliças 12, 13 e 14



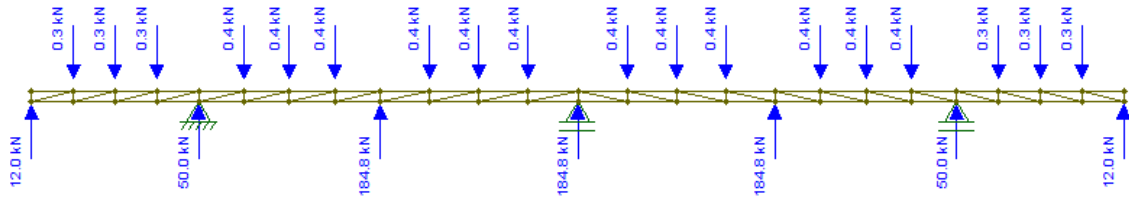
$$F_{d2} = 1,25PP + 1,4PES + 1,4V + 1,5 \cdot 0,8 \cdot SC$$

Figura 42 - Carregamento F_{d2} Treliças 12, 13 e 14



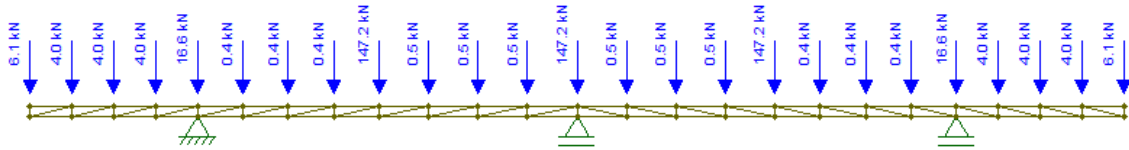
$$F_{d3} = (PP + PES) - 1,4V$$

Figura 43 - Carregamento F_{d3} Treliças 12, 13 e 14



$$F_{d4} = 1,25PP + 1,4PES + 1,5SC$$

Figura 44 - Carregamento F_{d4} Trelças 12, 13 e 14



Os esforços solicitantes nas treliças 12, 13 e 14 estão apresentados na tabela a seguir. No Apêndice A apresenta-se o esquema das treliças 12, 13 e 14 adotado, com as barras enumeradas.

Tabela 17 - Valores esforços solicitantes treliças 12, 13 e 14

	n° barra	Compressão	Tração
		$N_{c,sd}$ (kN)	$N_{t,sd}$ (kN)
Montante	01 ao 13 e do 85 ao 97	-6,10	3,63
	17 ao 81	-240,60	129,13
Diagonal	03 ao 15 e do 83 ao 95	-13,53	24,20
	19 ao 79	-161,03	286,67
Banzo superior	02 ao 14 e do 82 ao 94	-51,07	59,90
	18 ao 78	-660,27	415,23
Banzo inferior	04 ao 16 e do 84 ao 96	-110,00	61,30
	20 ao 80	-676,40	646,37

3.5.7.3 Dimensionamento treliças 12, 13 e 14.

Conforme cálculos já demonstrados para treliça 01 e 04, as forças atuantes nas treliças 12, 13 e 14 geraram os seguintes resultados:

- Montantes e diagonais

Para os montantes e diagonais, do número 17 até 81, foram adotadas cantoneira simples L 76,2x12,70 ASTM A36 e o comprimento utilizado para calculo será de 132 cm, pois é o elemento mais longo entre os montantes e diagonais. As propriedades para a cantoneira L 76,2x12,70 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistência à compressão

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 6$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 35,27 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 399,57 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = I_Y + I_X - I_x = 146,73 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 1.662,27 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 2,44 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 4,05 \text{ cm}$$

$$J = 9,54 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 4.477,82 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 1.422,05 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 399,56 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 1,05$$

$$\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,63$$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 254,01 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 240,60 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = 89,79 < 200 \rightarrow OK$$

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 403,18 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,79$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 13,80 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 10,90 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 322,96 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 322,96 > N_{t,Sd} = 286,67 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 89,79 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado dois parafusos de 1" ASTM A490.

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4A_b f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 310,35 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 361,24 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 573,48 \text{ kN}$$

- Resistência a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 582,67 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Para os montantes e diagonais, do número 1 ao 15 e do número 83 ao 97, foram adotadas cantoneira simples L 50,8x6,35 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 113 cm, pois é o elemento mais longo entre os montantes e diagonais. As propriedades para a cantoneira L 50,8x6,35 encontram-se no catálogo do fabricante.

- a) Resistência a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 8,00$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 5,94 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 91,82 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 23,26 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 359,57 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 1,67 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 2,76 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 0,557 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 563,36 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{(N_{ey} + N_{ez})^2}} \right]$$

$$N_{eyz} = 269,29 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 91,82 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 5,55$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,027$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 68,20 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 40,6 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

$$\frac{L}{r_{min}} = 114,14 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1 \text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{máx \text{ da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 137,73 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 0,81$$

$$A_n = 4,83 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 3,92 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 115,87 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 115,87 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 72,60 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 114,14 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado dois parafusos de $\frac{5}{8}$ ASTM A 490.

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 121,44 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 124,18 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 179,50 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 227,70 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

- Banzos superior e inferior

Para os banzos superior e inferior, do número 18 até 80, foram adotadas cantoneiras duplas L101,6x12,70 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 130 cm. As propriedades para cantoneira L101,6x12,70 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistencia a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 8$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 466 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 3.593,15 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 1.741,87 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 13.430,90 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 3,34 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 5,51 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 13,00 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 3.297,09 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 2.983,92 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 2.983,92 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,64$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,842$

$$N_{c,Rd} = \frac{XQ A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 926,32 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 676,4 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}} \right)_x = 41,94 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}} \right)_y = \frac{1000}{6} = 166,67 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}} \right)_{1 \text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r} \right)_{\text{máx da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 1.099,55 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,82$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 44,71 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 37,11 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 1.099,55 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 1.099,55 \text{ kN} > N_{t,Scd} = 646,37 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 65,66 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado 3 parafusos de $1\frac{1}{4}$ ” ASTM A 490.

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 730,48 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 711,20 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 1076,96 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 1370,80 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Para os banzos superior e inferior, do número 1 ao 16 e do número 82 ao 96, foram adotadas cantoneiras duplas L76,2x9,52 ASTM A36 e o comprimento utilizado para cálculo será de 110 cm. As propriedades para cantoneira L76,2x9,52 encontram-se no catálogo do fabricante.

a) Resistencia a compressão:

- Flambagem local:

$$\left(\frac{b}{t}\right) = 8$$

$$\left(\frac{b}{t}\right) < \left(\frac{b}{t}\right)_{lim} \rightarrow Q = 1$$

- Instabilidade elástica por flexão:

$$I_x = 150 \text{ cm}^4$$

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(k_x L_x)^2} = 2.447,01 \text{ kN}$$

-Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$I_y = 557,52 \text{ cm}^4$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 9.095,04 \text{ kN}$$

$$x_0 = 0 ; y_0 = 3,87 \text{ cm}$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 5,06 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 4,11 \text{ cm}^4$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 1.236,04 \text{ kN}$$

$$N_{eyz} = \frac{N_{ey} + N_{ez}}{2 \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot N_{ey} N_{ez} \left[1 - \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 \right]}{N_{ey} + N_{ez}}} \right]$$

$$N_{eyz} = 1.146,81 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 1.146,81 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,77$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,78$

$$N_{c,Rd} = \frac{X Q A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 482,54 \text{ kN} > N_{c,Sd} = 330,1 \text{ kN} \rightarrow OK$$

Deve ser verificado também o limite de esbeltez para barras comprimidas, sendo o limite recomendado por norma igual a 200.

Flambagem no plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_x = 47,62 < 200 \rightarrow OK$$

Flambagem fora do plano da treliça:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_y = \frac{4 * 110}{4} = 97,13 < 200 \rightarrow OK$$

A norma sugere que se restrinja a esbeltez da barra isolada do conjunto através da equação:

$$\left(\frac{L}{r_{min}}\right)_{1\text{ perfil}} < \frac{1}{2} \left(\frac{kL}{r}\right)_{m\acute{a}x\text{ da barra composta}}$$

E para atender a norma foi adotado espaçadores com distância entre si de 50 cm.

b) Resistencia a tração

- Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 618,64 \text{ kN}$$

- Ruptura de seção líquida:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} = 0,83$$

$$A_n = A_g - (d_f \cdot t) = 24,47 \text{ cm}^2$$

$$A_e = C_t \cdot A_n = 20,31 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 601,78 \text{ kN}$$

Resistencia da cantoneira a tração é a menor entre as duas encontradas, logo:

$$N_{t,Rd} = 601,78 \text{ kN} > N_{t,Sd} = 183,90 \text{ kN} \rightarrow OK$$

A NBR 8800/2008 recomenda limitar o índice de esbeltez para barras tracionadas em 300, por tanto:

$$\frac{L}{r_{min}} = 114,97 < 300 \rightarrow OK$$

c) Ligações:

Para as ligações será usado 3 parafusos de 1" ASTM A 490.

- Resistência ao cisalhamento, com plano de corte passando pela rosca:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,4 A_b F_{ub}}{\gamma_{a2}} = 466,44 \text{ kN}$$

- Pressão contato do furo.

Rasgamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{1,5 \cdot l_f \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 558,51 \text{ kN}$$

Esmagamento:

$$F_{c,Rd} = \frac{3,0 \cdot d_b \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{a2}} = 644,82 \text{ kN}$$

- Resistencia a tração dos parafusos:

$$F_{t,Rd} = \frac{A_{be} \cdot f_{ub}}{\gamma_{a2}} = 874,00 \text{ kN}$$

$$F_{Rd} > F_{Sd} \rightarrow OK$$

Tabela 18 - Esforços solíc. e cap. de resistência por barra Trelças 12, 13 e 14

TRELIÇAS 12, 13 e 14		Esforços Solicitantes		Cap. de Resistencia	
		Compressão	Tração	Compressão	Tração
Barra	Perfil	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)	$N_{t,Sd}$ (kN)
1	L50,8x6,35 A36	6,10	3,63	68,20	115,87
2	2L76,2x9,52 A36	1,87	3,17	482,54	601,78
3	L50,8x6,35 A36	13,53	22,83	68,20	115,87
4	2L76,2x9,52 A36	25,27	15,00	482,54	601,78
5	L50,8x6,35 A36	5,80	3,27	68,20	115,87
6	2L76,2x9,52 A36	18,40	31,10	482,54	601,78
7	L50,8x6,35 A36	13,43	23,67	68,20	115,87
8	2L76,2x9,52 A36	54,07	31,43	482,54	601,78
9	L50,8x6,35 A36	5,87	3,17	68,20	115,87
10	2L76,2x9,52 A36	34,67	59,90	482,54	601,78
11	L50,8x6,35 A36	13,13	24,20	68,20	115,87
12	2L76,2x9,52 A36	83,37	47,43	482,54	601,78
13	L50,8x6,35 A36	5,97	3,07	68,20	115,87
14	2L76,2x9,52 A36	51,07	45,37	482,54	601,78
15	L50,8x6,35 A36	10,57	20,47	68,20	115,87
16	2L76,2x9,52 A36	110,03	61,30	482,54	601,78
17	L76,2x12,7 A36	33,13	21,80	254,01	322,96
18	2L101,6x12,7 A36	52,13	92,93	926,32	1099,55
19	L76,2x12,7 A36	157,80	84,23	254,01	322,96
20	2L101,6x12,7 A36	29,97	60,90	926,32	1099,55
21	L76,2x12,7 A36	19,47	36,20	254,01	322,96
22	2L101,6x12,7 A36	102,40	52,20	926,32	1099,55
23	L76,2x12,7 A36	161,03	86,67	254,01	322,96
24	2L101,6x12,7 A36	136,70	259,40	926,32	1099,55
25	L76,2x12,7 A36	19,63	36,13	254,01	322,96
26	2L101,6x12,7 A36	300,00	158,63	926,32	1099,55
27	L76,2x12,7 A36	160,60	87,20	254,01	322,96
28	2L101,6x12,7 A36	243,67	456,60	926,32	1099,55
29	L76,2x12,7 A36	19,70	35,97	254,01	322,96
30	2L101,6x12,7 A36	498,90	266,73	926,32	1099,55
31	L76,2x12,7 A36	151,33	82,90	254,01	322,96

32	2L101,6x12,7 A36	347,53	646,37	926,32	1099,55
33	L76,2x12,7 A36	68,33	37,00	254,01	322,96
34	2L101,6x12,7 A36	630,10	338,97	926,32	1099,55
35	L76,2x12,7 A36	147,47	272,93	254,01	322,96
36	2L101,6x12,7 A36	194,70	363,23	926,32	1099,55
37	L76,2x12,7 A36	58,97	31,67	254,01	322,96
38	2L101,6x12,7 A36	288,30	154,30	926,32	1099,55
39	L76,2x12,7 A36	151,60	282,13	254,01	322,96
40	2L101,6x12,7 A36	5,97	12,20	926,32	1099,55
41	L76,2x12,7 A36	59,20	31,60	254,01	322,96
42	2L101,6x12,7 A36	33,20	60,93	926,32	1099,55
43	L76,2x12,7 A36	151,33	286,67	254,01	322,96
44	2L101,6x12,7 A36	338,17	181,30	926,32	1099,55
45	L76,2x12,7 A36	58,00	30,77	254,01	322,96
46	2L101,6x12,7 A36	222,33	415,23	926,32	1099,55
47	L76,2x12,7 A36	141,93	267,23	254,01	322,96
48	2L101,6x12,7 A36	676,40	361,03	926,32	1099,55
49	L76,2x12,7 A36	240,60	129,13	254,01	322,96

3.5.8 Dimensionamento das colunas

Segundo Ildony H. Bellei, as colunas são elementos estruturais responsáveis por levar às fundações as cargas originárias das outras partes da estrutura. As colunas podem ser divididas em: principais, que suportam a maior parcela das cargas, e secundárias, que suportam menor parcela da carga, podendo estar sujeitas a esforços de compressão; compressão com flexão e tração com flexão.

Para este caso foi escolhido um perfil laminado HP 310x125,0 (H) ASTM A 572 Grau 50, cujas características de resistência estão no catálogo do fabricante (Anexo C).

3.5.8.1 Esforços solicitantes

O valor dos esforços atuantes nas colunas foi retirado das combinações de ações apresentadas para o dimensionamento das treliças, juntamente com os esforços horizontais devido ao vento como indicado pela norma NBR 6123/1988, item 8.2 Coberturas isoladas a águas planas.

Tabela 19 - Esforços solicitantes nas colunas

		Fd1		Fd2		Fd3		Fd4	
		Vento 0°	Vento 90°	Vento 0°	Vento 90°	Vento 0°	Vento 90°	Vento 0°	Vento 90°
Pilar 01	Msd	160,00	109,10	266,60	181,70	266,50	181,60	0,00	0,00
	Nsd	152,90	172,80	188,30	221,50	97,40	103,60	93,70	93,60
	Vsd	32,00	21,80	53,30	36,30	53,30	36,30	0,00	0,00
Pilar 02	Msd	0,00	114,80	0,00	191,30	0,00	191,30	0,00	0,00
	Nsd	661,90	114,80	805,30	191,30	450,50	191,30	93,70	0,00
	Vsd	0,00	22,96	0,00	38,30	0,00	38,30	0,00	0,00
Pilar 03	Msd	0,00	109,10	0,00	181,70	0,00	181,70	0,00	0,00
	Nsd	168,90	172,80	215,00	221,50	124,00	103,60	93,70	93,60
	Vsd	0,00	21,80	0,00	36,30	0,00	36,30	0,00	0,00

3.5.8.2 Verificação à flexão:

- Verificando o estado limite para flambagem local da mesa:

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLM} = \frac{b_f}{t_f} = \frac{312/2}{17,4} = 8,97$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente a plastificação:

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 9,14$$

Segundo o item G.2.2. a) da norma NBR 8800 para:

$$\lambda_{FLM} < \lambda_p \rightarrow M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{pl} = Z_x * f_y = 677,33 \text{ kNm}$$

$$M_{FLM} = 615,76 \text{ kNm}$$

- Verificando o estado limite para flambagem local da alma:

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLA} = \frac{h_w}{t_w} = \frac{277}{17,4} = 15,92$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente a plastificação:

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 90,53$$

Segundo o item G.2.2. a) da norma NBR 8800 para:

$$\lambda_{FLM} < \lambda_p \rightarrow M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$M_{pl} = Z_x * f_y = 677,33 \text{ kNm}$$

$$M_{FLA} = 615,76 \text{ kNm}$$

- Verificando o estado limite para flambagem lateral com torção:

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda_{FLT} = \frac{L_b}{r_y} = \frac{450}{7,45} = 60,40$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente a plastificação:

$$\lambda_p = 1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 42,38$$

c) Parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento:

$$\lambda_r = \frac{1,38\sqrt{I_y J}}{r_y J \beta_1} \sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 C_w \beta_1^2}{I_y}}}$$

$$\beta_1 = \frac{(f_y - \sigma_r)w}{EJ} = 0,012$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 177,98 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_r = 166,67$$

Segundo o item G.2.2. a) da norma NBR 8800 para $\lambda_p \leq \lambda_{FLT} \leq \lambda_r$:

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}} \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right]$$

$$M_r = (f_y - \sigma_r)w = 419,15 \text{ kNm}$$

$$M_{FLT} = 581,78 \text{ kNm}$$

Por tanto o momento resistente a flexão é o menor entre os encontrados:

$$M_{Rd} = M_{\min}(M_{FLM}, M_{FLA}, M_{FLT})$$

$$M_{Rd} = 581,78 \text{ kNm}$$

3.5.8.3 Verificação quanto à resistência a compressão:

Esbeltez da alma:

$$\frac{h_w}{t_w} = 15,92 < 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 35,90 \rightarrow Q_a = 1$$

Esbeltez da mesa:

$$\frac{b}{t_f} = 8,97 < 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 13,48 \rightarrow Q_s = 1$$

$$Q = Q_a Q_s = 1$$

Instabilidade elástica por flexão:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 E I_x}{(k_x L_x)^2} = 6.598,26 \text{ kN}$$

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 E I_y}{(K_y L_y)^2} = 8.600,45 \text{ kN}$$

Instabilidade elástica por flexo-torção:

$$x_0 = 0 ; y_0 = 0$$

$$r_0 = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2} = 15,03 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{b \cdot t^3}{3} = 177,98 \text{ cm}^4$$

$$C_w = 1.911.029,00$$

$$N_{ez} = \frac{1}{r_0^2} \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right]$$

$$N_{ez} = 14.312,80 \text{ kN}$$

N_e é o menor valor entre N_{ex} e N_{eyz} , por tanto $N_e = 6.598,26 \text{ kN}$.

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q \cdot A_g \cdot f_y}{N_e}} = 0,92$$

Para, $\lambda_0 < 1,5 \rightarrow X = 0,71$

$$N_{c,Rd} = \frac{XQ A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 3.540,64 \text{ kN}$$

3.5.8.4 Verificação do limite de esbeltez para barras comprimidas:

$$\frac{K_y L_y}{r_y} = 60,40 < 200 \rightarrow OK$$

$$\frac{K_x L_x}{r_x} = 68,97 < 200 \rightarrow OK$$

3.5.8.5 Verificação quanto à tração:

Escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} = 4.986,82 \text{ kN}$$

Ruptura da seção líquida:

Supondo que teremos dois parafusos de $\frac{1}{2}$.

$$A_g = 159,00 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 157,23 \text{ cm}^2$$

$$\text{para } C_t = 1; A_e = 157,23 \text{ cm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} = 5.241,00 \text{ kN}$$

Logo, $N_{t,Rd} = 4.986,82 \text{ kN}$.

Verificação de índice de esbeltez:

$$\frac{KL}{R} = 60,40 < 300 \rightarrow OK$$

3.5.8.6 Verificação quanto ao esforço cortante:

a) Parâmetro de esbeltez:

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = 15,92$$

b) Parâmetro de esbeltez correspondente à plastificação:

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 59,22$$

Segundo o item 5.4.3.1.1. da norma NBR 8800, quando:

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}$$

$$V_{pl} = 0,60 A_w f_y = 1.123,76 \text{ kN}$$

$$A_w = d t_w = 54,29 \text{ cm}^2$$

$$V_{Rd} = 1.021,60 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} > V_{Sd} \rightarrow OK$$

3.5.8.7 Verificação quanto a combinação dos esforços:

Segundo o item 5.5.1.2 da norma NBR 8800, para a atuação simultânea da força axial de tração ou de compressão e de momentos fletores, deve ser obedecida a limitação fornecida pelas seguintes expressões:

Para,

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2 \rightarrow \frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \right) \leq 1$$

$$\frac{N_{Sd}}{N_{Rd}} \leq 0,2 \rightarrow \frac{N_{Sd}}{2N_{Rd}} + \left(\frac{M_{Sd}}{M_{Rd}} \right) \leq 1$$

Segue abaixo tabela com a verificação de combinação de esforços.

Tabela 20 - Verificação de combinações de esforços

		Fd1		Fd2		Fd3		Fd4	
		Vento 0°	Vento 90°	Vento 0°	Vento 90°	Vento 0°	Vento 90°	Vento 0°	Vento 90°
Pilar 01	Mrd	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78
	Msd	160,00	109,10	266,60	181,70	266,50	181,60	0,00	0,00
	Nrd	3540,64	3540,64	3540,64	3540,64	4986,82	4986,82	3540,64	3540,64
	Nsd	152,90	172,80	188,30	221,50	97,40	103,60	93,70	93,60
	Vsd	32,00	21,80	53,30	36,30	53,30	36,30	0,00	0,00
	Vrd	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60
	Nsd/Nrd	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
	Verific.	0,28	0,19	0,47	0,32	0,46	0,32	0,00	0,00
Pilar 02	Mrd	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78
	Msd	0,00	114,80	0,00	191,30	0,00	191,30	0,00	0,00
	Nrd	3540,64	3540,64	3540,64	3540,64	4986,82	4986,82	3540,64	3540,64
	Nsd	661,90	114,80	805,30	191,30	450,50	191,30	93,70	0,00

Pilar 03	Vsd	0,00	22,96	0,00	38,30	0,00	38,30	0,00	0,00
	Vrd	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60
	Nsd/Nrd	0,19	0,03	0,23	0,05	0,09	0,04	0,03	0,00
	Verific.	0,09	0,21	0,23	0,36	0,05	0,35	0,01	0,00
	Mrd	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78	581,78
	Msd	0,00	109,10	0,00	181,70	0,00	181,70	0,00	0,00
	Nrd	3540,64	3540,64	3540,64	3540,64	4986,82	4986,82	3540,64	3540,64
	Nsd	168,90	172,80	215,00	221,50	124,00	103,60	93,70	93,60
	Vsd	0,00	21,80	0,00	36,30	0,00	36,30	0,00	0,00
	Vrd	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60	1021,60
	Nsd/Nrd	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
	Verific.	0,00	0,19	0,00	0,32	0,00	0,32	0,00	0,00

3.5.9 Dimensionamento dos chumbadores e placa de base

3.5.9.1 Esforços solicitantes

Os maiores esforços encontrados na base da coluna foram:

- N = 805,3 kN
- V = 53,30 kN
- M = 26660,0 kNcm

3.5.9.2 Chumbadores

Serão utilizados 6 chumbadores de aço ASTM A36 com diâmetro de 44 mm.

Segundo Ildony H. Bellei, para chumbadores a tração com cisalhamento:

$$f_t = \frac{T}{A_t} \quad f_h = \frac{H}{A_c}$$

$$f = \sqrt{f_t^2 + 3f_h^2} \leq 0,33f_u$$

Onde:

T é a carga axial

H é a carga horizontal

A_t é a área total dos chumbadores a tração

A_c é a área total dos chumbadores a cisalhamento

Por tanto;

$$f_t = \frac{445,0}{3 * 15,20} = 9,76 \quad f_h = \frac{53,30}{3 * 15,20} = 1,17$$

$$f = \sqrt{9,76^2 + 3 * 1,17^2} = 9,97 \frac{kN}{cm^2} \leq 0,33 * 40 = 13,20 \frac{kN}{cm^2} \rightarrow OK$$

Para o cálculo do comprimento dos chumbadores com extremidades inferior a 90° são indicadas, pelo AISC, as seguintes equações:

$$T_u = 0,56 * f_u * A$$

$$L_h = \frac{T_u}{1,4 f_{ck} d_c}$$

$$L_c = 12 d_c$$

Onde:

d_c é o diâmetro da barra do chumbador

f_{ck} é a resistência característica do concreto

f_u é o limite de ruptura do aço

L_c é o comprimento vertical de ancoragem do chumbador

L_h é o comprimento de ancoragem horizontal do chumbador

T_u é a carga axial fatorada de tração

Por tanto;

$$T_u = 0,56 * 40 * 15,20 = 340,48 \text{ kN}$$

$$L_h = \frac{340,48}{1,4 * 3,5 * 4,4} = 15,80 \text{ cm}$$

$$L_c = 12 * 4,4 = 52,00 \text{ cm}$$

Comprimento total do chumbador é de 67,80 cm, espaçados 22 cm entre si.

Segundo a NBR 8800 a verificação final do chumbador quanto a tração, deve ser feita de acordo com o item 6.3.3.1 da norma.

- Resistência à tração, ruptura da seção da rosca:

$$A_b = 0,25 \pi d_c^2 = 15,21 \text{ cm}^2$$

$$A_{be} = 0,75A_b = 11.40 \text{ cm}^2$$

$$F_{Rd,t} = \frac{A_{be}f_{ub}}{1,35} = 337,78 \text{ kN}$$

- Resistencia à tração, escoamento da seção bruta da barra:

$$F_{Rd,t} = \frac{A_{be}f_y}{1,1} = 259,10 \text{ kN}$$

- Esforço de tração solicitante de calculo:

$$N_{sd} = \frac{445,00}{3} = 148,33 \text{ kN}$$

3.5.9.3 Placa de base

Segundo Ildony H. Bellei, a placa de base submetida a compressão excêntrica exerce uma pressão irregular sobre a superfície do bloco de fundação. É o caso típico de bases engastadas.

Para o cálculo da espessura da placa (t) de base, adotou-se a largura de 55 cm. O comprimento L será calculado de forma que a tensão máxima de concreto junto à extremidade (f_c) seja inferior à tensão máxima admissível à compressão.

Concreto adotado $f_{ck} = 35 \text{ MP}_a$.

$$F_c = 0,35f_{ck} = 1,23 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$F_c = f_c$$

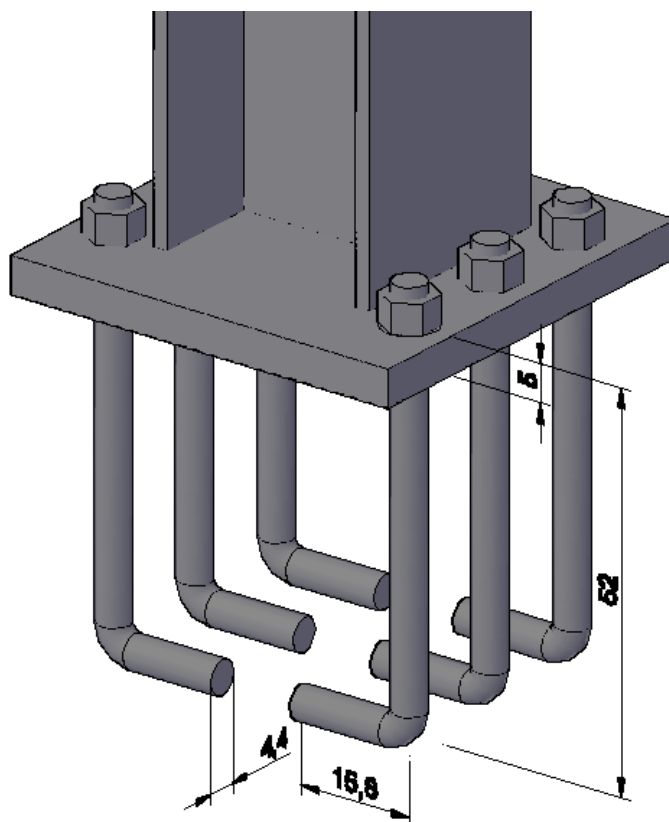
$$L_{nec} = \frac{N}{2B * f_c} + \sqrt{\left(\frac{N}{2B * f_c}\right)^2 + \frac{6M}{B * f_c}}$$

$$L_{nec} = 54,64 \text{ cm} \cong 55 \text{ cm}$$

$$f_{c,m\acute{a}x} = \frac{N}{B * L} + \frac{6M}{B * L^2} = 1,23 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{6M_1}{0,75f_y}} = 4,53 \text{ cm} \cong 50 \text{ mm}$$

Figura 45 - Placa de base e chumbadores



4 CONCLUSÃO

Desde o século XVIII, quando se iniciou a utilização de estruturas metálicas na construção civil até os dias atuais, o aço tem possibilitado aos arquitetos, engenheiros e construtores, soluções arrojadas, eficientes e de alta qualidade. Das primeiras obras - como a Ponte Ironbridge na Inglaterra, de 1779 - aos ultramodernos edifícios que se multiplicaram pelas grandes cidades, a arquitetura em aço sempre esteve associada à ideia de modernidade, inovação e vanguarda, traduzida em obras de grande expressão arquitetônica e que invariavelmente traziam o aço aparente. No entanto, as vantagens na utilização de sistemas construtivos em aço vão muito além da linguagem estética de expressão marcante: redução do tempo de construção, racionalização no uso de materiais e

mão de obra e aumento da produtividade, passaram a ser fatores chave para o sucesso de qualquer empreendimento.

Este trabalho de análise estrutural para o dimensionamento de uma estrutura metálica, com base na norma brasileira de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (norma ABNT NBR 8800:2008) de um posto de combustível, me permitiu adquirir novos conhecimentos na área de estruturas metálicas, além de colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso de graduação. Ao decorrer do projeto obtive uma visão mais abrangente da estrutura, onde a escolha de cada perfil utilizado deve ser bem pensada para que não comprometa a estrutura, custo da obra e também a execução do projeto.

Com o auxílio do Software *Ftool* para obtenção dos esforços, pode-se ter uma boa noção de como os diferentes carregamentos geram os esforços para cada elemento estrutural e também como a escolha do modelo estrutural gera solicitações diferentes para as ações atuantes.

Ao término deste trabalho posso dar como realizado um dos meus objetivos pessoais, o de realizar um projeto do início ao fim. Pude ver na prática de como um projeto completo é muito mais complexo do que o que é estudado durante a graduação. Não basta apenas pensar se a estrutura vai ou não resistir as ações que atuam sobre ela, mas também nos custos e também como vai ser executado o projeto, pois a construção deve sempre que possível ser facilitada.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800/08**: Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios. Rio de Janeiro, 2007

_____. **NBR 6123/88**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____. **NBR 6120/80**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 8681/03**: Ações e segurança nas estruturas – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2003.

BELLEI, Ildony Hélio. **Edifícios industriais em aço – projeto e cálculo**. 5. ed. São Paulo: PINI, 2004.

CHAYERINI, V. **Aço e Ferros Fundidos**. 7. ed. São Paulo: Associação Brasileiro de Metais, 1996.

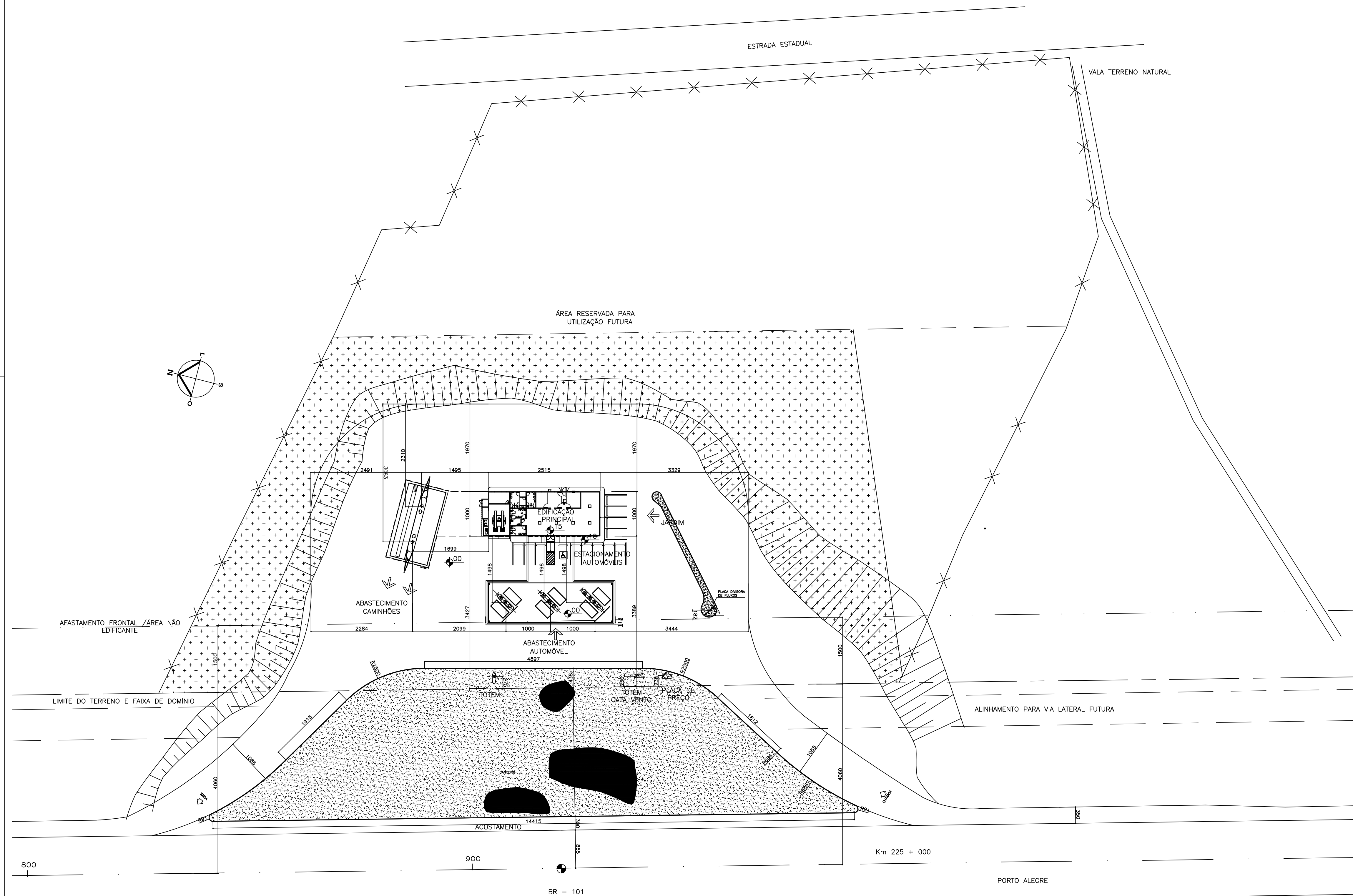
MIGUEL, Leandro F. Fadel; CARQUEJA, Moacir H. Andrade. **Apostila de estrutura metálicas**.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008**. 8. ed. Rio de Janeiro, 2009

ANEXOS

ANEXO A - Projeto Arquitetônico do Posto de Combustível

LISTAGEM DE ÁREAS	
ÁREA DA EDIFICAÇÃO PRINCIPAL	261,69m²
ÁREA COBERTURA DE ABASTECIMENTO AUTOMÓVEIS	394,55m²
ÁREA COBERTURA DE ABASTECIMENTO CAMINHÕES	282,21m²
ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA	938,45m²
ÁREA ESTACIONAMENTO DESCOBERTO	182,34m²
ÁREA CANTEIROS	3.524,58m²
ÁREA TERRENO (aprox)	11.320,00m²



	P	PR	E	NA
LEGENDA: P=padrão PR=pré-requisito E=extra NA=não se aplica				
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA				
01. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	SIM			
02. INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL À ARTIFICIAL				
DOMUS + INTEGRAÇÃO NA EDIFICAÇÃO PRINCIPAL		SIM		
DOMUS + INTEGRAÇÃO NA TROCA DE ÓLEO		SIM		
03. SENSOR DE PRESENÇA PARA ACIONAMENTO DE ILUMINAÇÃO	SIM			
SOMBREAMENTO				
04. BRISE-SOLEIL NA VITRINE				SIM
05. BRISE-SOLEIL NO ESCRITÓRIO	SIM			
06. VIDRO VERDE OU PELÍCULA NA VITRINE	SIM			
SISTEMA DE EXAUSTÃO				
07. SHAFTS DE EXAUSTÃO COM COBERTURA VENTILADA				SIM
08. ISOLAMENTO TÉRMICO SOBRE O FORRO	SIM			
AQUECIMENTO DE ÁGUA				
09. ENERGIA SOLAR			SIM	
GESTÃO DE RESÍDUOS				
10. KIT DE PROTEÇÃO AMBIENTAL			SIM	
11. COLETA SELETIVA		SIM		
TINTA À BASE DE ÁGUA				
12. TINTA À BASE DE ÁGUA	SIM			
SISTEMAS CONSTRUTIVOS				
13. CONSTRUÇÃO SECA NAS EDIFICAÇÕES		SIM		
14. REVESTIMENTO MODULAR		SIM		
15. COBERTURA DA PISTA EM SINGLE-DECK				SIM
16. TUBULAÇÃO HIDRÁULICA FLEXIVEL			SIM	
CONTROLE DO CONSUMO DE ÁGUA				
17. FLUXO DE ÁGUA CONTROLADO		SIM		
18. TORNEIRAS COM FECHAMENTO AUTOMÁTICO		SIM		
19. CHUVEIROS COM FECHAMENTO AUTOMÁTICO		SIM		
ÁGUAS PLUVIAIS				
20. COLETA PARA DESCARGAS SANITÁRIAS OU LAVAGEM DE VEÍCULOS			SIM	
REUSO DA ÁGUA DA LAVAGEM				
21. REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA LAVAGEM DE VEÍCULOS				SIM

LISTAGEM DE ELEMENTOS NOVA IMAGEM	
ELEMENTO	QUANTIDADE
1) PÁTIO	
– TOTEM 9,00m	01
– PLACA DE PREÇOS	01
– PLACA DE ENTRADA NOME DO POSTO	01
– PLACA DIVISORA DE FLUXOS	01
– FAIXA DE CANTEIRO	01
– PAINEL DE SERVIÇOS	02
– PLACA DE APROXIMAÇÃO (NA ESTRADA)	00
– PLACA DE ENTRADA CTF	00
2) PISTA DE AUTOMÓVEIS	
– LONA ADESIVADA	87,30m
– LOGOMARCA ILUMINADA EM RELEVO	02
– SUPORTE PARA FAIXA SUSPensa	02
– PONTA DE ILHA (EXCETO ILHAS DE GNV)	00
– INDICADOR DE PRODUTO LATERAL ILUMINADO NI (FASE 01)	03
MOBILIÁRIO DE PISTA	
– MÓDULO EXPOSITOR	03
– MÓDULO ATENDENTE	01
– MÓDULO SERVIÇO	03
– CALIBRADOR	01
– KIT DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	01
3) PISTA DE CAMINHÕES	
– LOGOMARCA ILUMINADA EM RELEVO	02
– INDICADOR LATERAL ILUMINADO (FASE 02)	02
– PONTA DE ILHA	02
– PLACA DE AVISO	02
– PLACA DE PILAR CTF	02
– KIT DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	01
4) TESTEIRA DE SERVIÇOS	
– LONA PARA TESTEIRA GENÉRICA h=0,75m	20,45m
5) SINALIZAÇÃO POSTO ECOEFICIENTE	
– TÓTEM CATA-VENTO	01
– PLACA SINALIZAÇÃO DE ITENS	01
– APLIQUE CATA-VENTO PARA PLACA DE SINALIZAÇÃO DE ITENS	01
– KIT DE SINALIZAÇÃO PERMANENTE	01

NOTAS

- 1- TODAS AS DIMENSÕES ESTÃO EM CENTÍMETROS.
- 2- CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL
- 3- TODOS OS PILARES, TÓTEIS E PLACAS ESTÃO COTADOS PELO EIXO.
- 4- HOLOFOTES DE GRAMA VOLTADOS PARA A PLACA DIVISORA DE FLUXOS.
- 5- VERIFICAR DESENHOS E MEDIDAS DE ACESSO COM A CONCESSIONÁRIA LOCAL

0	VERIFICAÇÃO GERAL E MÍNIMA DE PRESSÃO COM A SUBESTACIÃO EM LIGAR				
00	23.05.12	MDU-AF	THANE	MDU	EMIÇÃO INICIAL PROJETO EXECUTIVO
REV.	DATA	PROJ.	DES.	APROV.	DISCRIMINAÇÃO



PROJETO EXECUTIVO

NOVO NEGÓCIO POSTO GALO

ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, SENTIDO NORTE
PALHOCA/SC

AUTOR	MDU-AF
-------	--------

DATA
23.05.12

PRANCHA
01/27

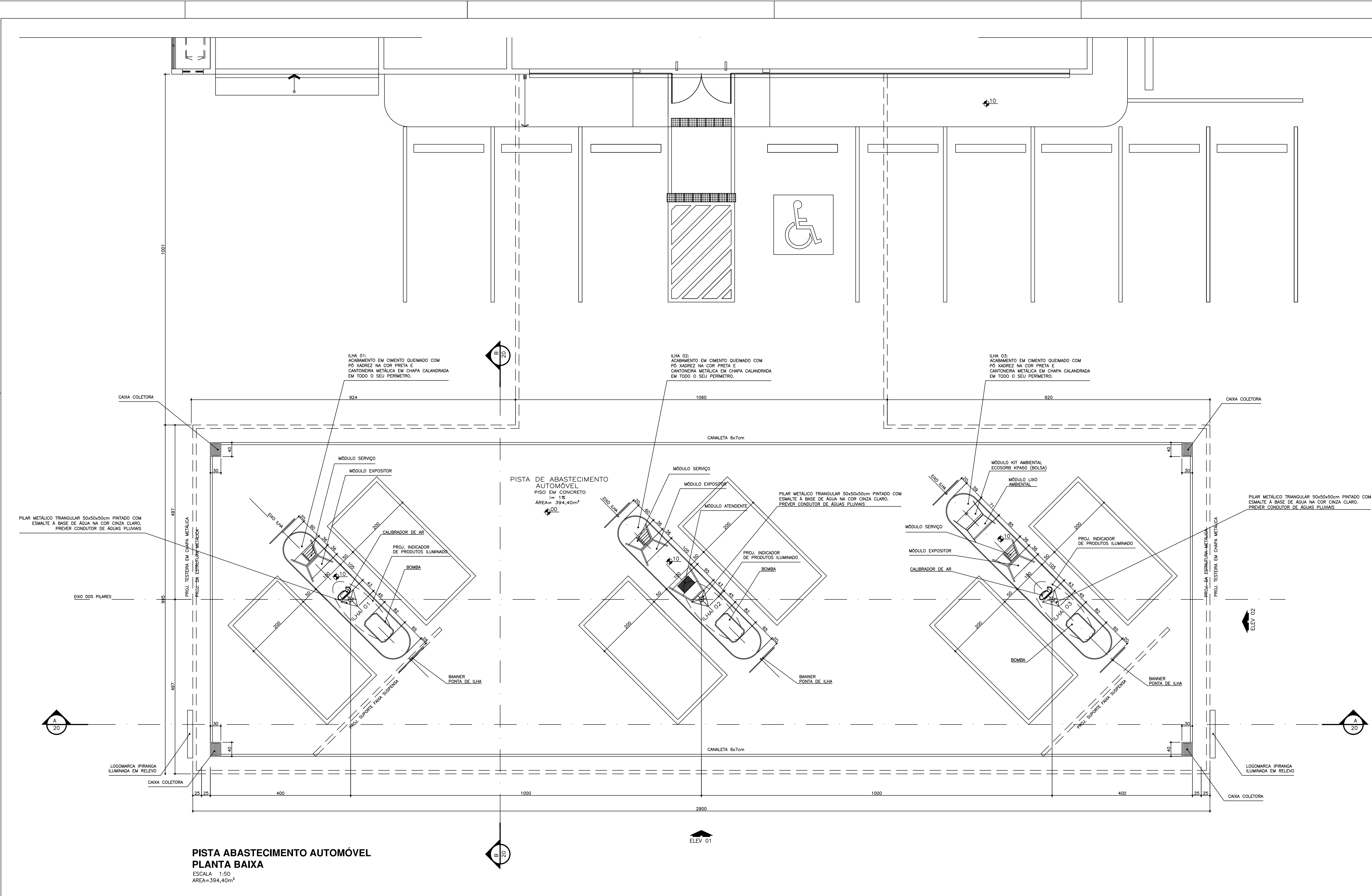
IMPLANTAÇÃO	
SITUAÇÃO	

ESCALA
1:500

ARQUIVO
EX01_NNGALO_IMP_0.dwg

ARQUIVO

ARQUIVO
EX01_NNGALO_IMP_0.dwg



NOTAS

- 1- TODAS AS DIMENSÕES ESTÃO EM CENTÍMETROS.
- 2- CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL.
- 3- OS NÍVEIS INDICADOS NESTE DESENHO SÃO MERAMENTE ORIENTATIVOS, PARA OS DESNÍVEIS ENTRE AMBIENTES CONSULTAR LEVANTAMENTO PLANALTIMÉTRICO.
- 4- PARA EXECUÇÃO DAS ILHAS E PONTOS, VER PRANHCHA DE DETALHE DE ILHAS.
- 5- AS DIMENSÕES DAS VIGAS E PILARES SERÃO INDICADAS EM PROJETO ESTRUTURAL.
- 6- O ACABAMENTO NO PERÍMETRO DA ILHA TAMBÉM PODERÁ SER FEITO EM CHAPA GALVANIZADA Nº14 COM PINTURA EM ESMALTE SINTÉTICO NA COR PRETO.
- 7- OULHA DE SEGURANÇA: VER PROJETO ESTRUTURAL PARA FIXAÇÃO E DETALHES ESPECÍFICOS. PARA PROJETOS DE COBERTURA DE PISTA FORA DESTE PADRÃO, A LOCAÇÃO DOS OULHAS DE SEGURANÇA DEVERÁ SER FEITA NO PROJETO ESTRUTURAL.

REV.	DATA	PROJ.	DES.	APROV.	EMISSÃO INICIAL PROJETO EXECUTIVO	DISCRIMINAÇÃO
00	22.05.12	MDU-AF	SUZANA	MDU	EMISSÃO INICIAL PROJETO EXECUTIVO	

IPIRANGA

PROJETO EXECUTIVO

NOVO NEGÓCIO POSTO GALO

RÓD. BR101 S/N KM 224 + 920m, SENTIDO NORTE
PALHOÇA/SC

PISTA DE ABASTECIMENTO DE AUTOMÓVEIS
PLANTA BAIXA

PRJ000
EX17_NNGALO_PISTAUT_PLANTA_0.dwg

AUTOR	PRONOME
MDU-AF	17/27

DATA	ESCALA
23.05.12	1:50





- NOTAS
- TODAS AS DIMENSÕES ESTÃO EM CENTÍMETROS.
 - CONFERIR MEDIDAS NO LOCAL.
 - OS VÍDEOS INDICADOS NESTO DESENHO SÃO MUITO ORIENTATIVOS, PARA OS DESVIES ENTRE AMBIENTES CONSULTAR LEVANTAMENTO PLANALTIMÉTRICO.
 - PARA EXECUÇÃO DAS ILHAS E PONTÕES, VER PLANCHA DE DETALHE DE ILHAS.
 - AS DIMENSÕES DAS ILHAS E PONTÕES SERÃO INDICADAS EM PROJETO ESTRUTURAL.
 - A LOCAÇÃO DAS FUNDAMENTAÇÕES DA ILHA TAMARA PODERÁ SER FEITA EM CHAPA GALVANIZADA Nº14 COM PINTURA EM ESMALTE ACEDIDO À BASE D'ÁGUA NO COR PRETO.
 - ANTES DE FAZER O PEDIDO DAS LÂMNAS DA TELA DA COBERTURA DA PISTA DE ABASTECIMENTO CONFERIR MEDIDAS NAS FUNDAMENTAÇÕES.
 - OLHA DE SEGURANÇA: VER PROJETO ESTRUTURAL PARA FIXAÇÃO E DETALHES ESPECÍFICOS, PARA DETALHES DE COBERTURA DE PISTA FORME DETALHADO, A LOCAÇÃO DOS ILHAS DE SEGURANÇA DEVERÁ SER INDICADA EM PROJETO DE DETALHES.

0	23.05.12	MDU-AF	SUZANA	MDU	EMIÇÃO INICIAL PROJETO EXECUTIVO
REV.	DATA	PROJ.	DES.	APROV.	DISCRIMINAÇÃO



PROJETO EXECUTIVO

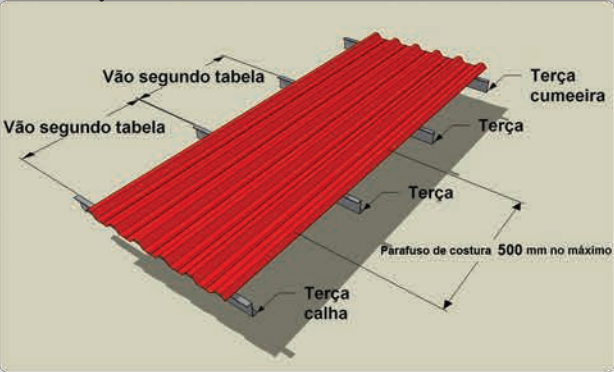
NOVO NEGÓCIO POSTO GALO ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, SENTIDO NORTE PALHOÇA/SC	AUTOR MDU-AF	PRANCHA 20/2
	DATA 23.05.12	

PISTA DE ABASTECIMENTO DE AUTOMÓVEIS CORTES E ELEVACÕES	ESCALA 1:50
--	-----------------------

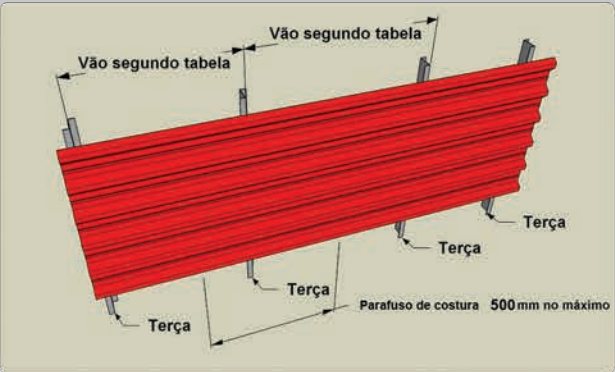
EX20_NNGALO_PISTAUT_CORTEELEVACAO_0.dwg

ANEXO B – Catálogo Comercial de Telhas Metálicas

Instalação

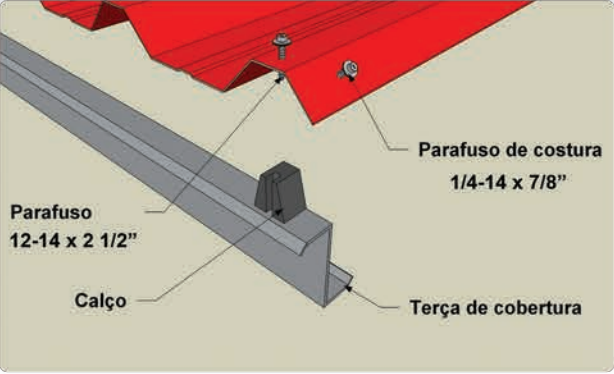


Fixação de cobertura

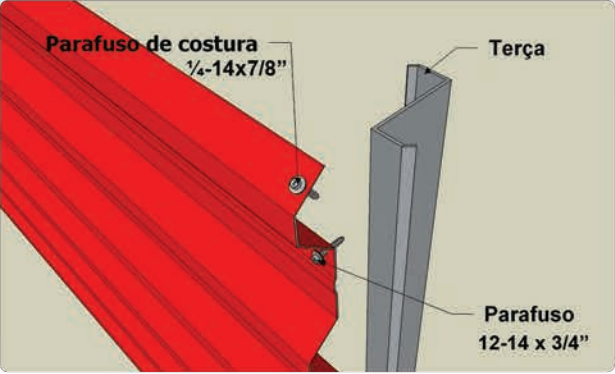


Fixação de fechamento lateral

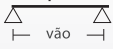
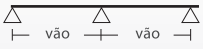

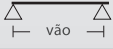

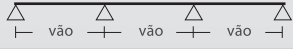
Detalhes



Detalhe de fixação de cobertura



Detalhe de fixação de fechamento lateral

Sobrecargas admissíveis (Kgf/m²)													
Sobrecargas em função da flecha, número de apoios e espessura da chapa		2 apoios				3 apoios				4 apoios			
													
	Vão (m)	Espessuras (mm)				Espessuras (mm)				Espessuras (mm)			
		0,43	0,50	0,65	0,80	0,43	0,50	0,65	0,80	0,43	0,50	0,65	0,80
COBERTURAS Flecha L/200	1,75	158	183	236	289	176	204	264	323	220	255	330	404
	2,00	106	123	158	194	135	156	202	247	169	195	253	309
	2,25	74	86	111	136	107	124	160	195	133	154	200	244
	2,50	54	63	81	99	86	100	129	158	102	119	153	187
	2,75	41	47	61	75	71	83	107	131	77	89	115	141
	3,00	31	36	47	57	60	70	90	110	59	69	89	108
Balanço Máximo (m)		0,40	0,40	0,45	0,50	0,40	0,40	0,45	0,50	0,40	0,40	0,45	0,50
Sobrecargas em função da flecha, número de apoios e espessura da chapa		2 apoios				3 apoios				4 apoios			
													
	Vão (m)	Espessuras (mm)				Espessuras (mm)				Espessuras (mm)			
		0,43	0,50	0,65	0,80	0,43	0,50	0,65	0,80	0,43	0,50	0,65	0,80
FECHAMENTOS Flecha L/125	1,75	176	204	264	323	176	204	264	323	220	255	330	404
	2,00	135	156	202	247	135	156	202	247	169	195	253	309
	2,25	107	124	160	195	107	124	160	195	133	154	200	244
	2,50	86	100	129	158	86	100	129	158	108	125	162	198
	2,75	65	75	98	119	71	83	107	131	89	103	134	163
	3,00	50	58	75	92	60	70	90	110	75	87	112	137
Balanço Máximo (m)		0,40	0,40	0,45	0,50	0,40	0,40	0,45	0,50	0,40	0,40	0,45	0,50
* Vãos dimensionados para sobrecargas inferiores a 58 Kgf/m² devem ser evitados e estão grafadas em vermelho.													
* Espessuras das chapas especificadas em milímetros (mm).													

Recomendações				
Espessura (mm)	0,43	0,50	0,65	0,80
Peso (kg/m²)	4,21	4,90	6,37	7,84
Vão Livre (m)	2,25	2,50	2,75	3,00
Balanço (m)	0,40	0,40	0,45	0,50
Obs: Valores para sobrecarga máxima de 58 kgf/m²				

www.sandre.com.br

Santo André Distribuidora Industrial Ltda • Rua Caiubi, 60 • Santo André • Tel (11) 3437-6373 • Fax (11) 3437-6376

ANEXO C – Catálogo Comercial de Perfis Metálicos



Catálogo de Produtos



COMERCIAL GERDAU

www.comercialgerdau.com.br

Vergalhão GERDAU GG 50



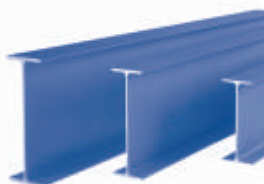
Arame Farpado



Pregos



Perfis Estruturais
Gerdau



[LINHA DE PRODUTOS DA

Telas



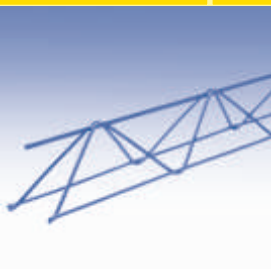
Corte e Dobra



Coluna



Treliças



Chapas e
Bobinas



Eletrodo

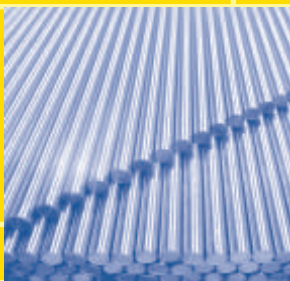


Arame para
Solda MIG

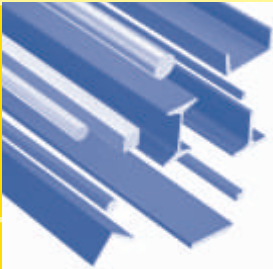


Tubos

COMERCIAL GERDAU]



Aços Especiais



Barras e Perfis

Para obter informações específicas
sobre cada produto, consulte o site
www.comercialgerdau.com.br
e faça o download dos catálogos.

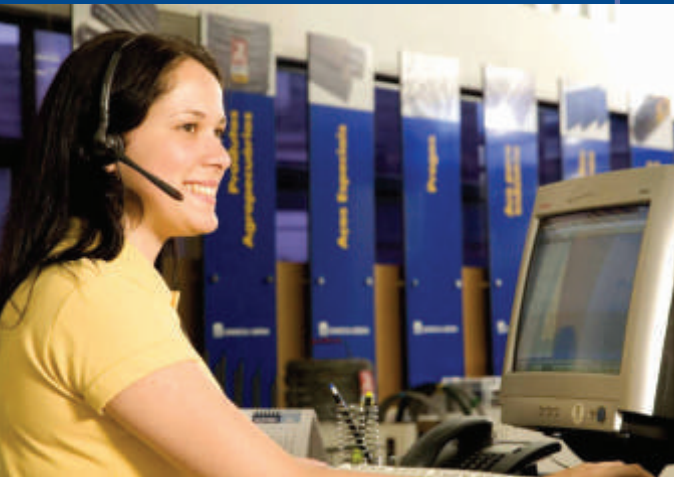
Arames



COMERCIAL GERDAU



Filiais em todo o Brasil

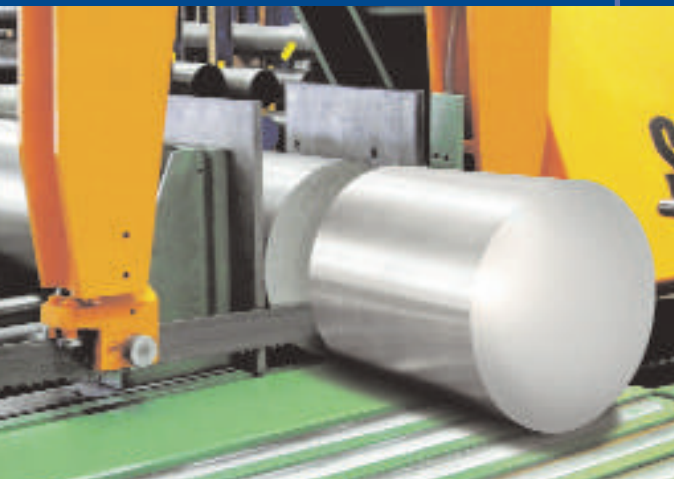


Atendimento personalizado

Aproveite todas as vantagens
que só a maior distribuidora
de produtos siderúrgicos do Brasil
pode oferecer para você.



Aço Cortado e Dobrado



Variedade em produtos
e serviços especializados

[ÍNDICE]

AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Vergalhões e Produtos Ampliados

Vergalhão GERDAU GG 50	8
Vergalhão CA-25	8
CA-60 GERDAU	8
Arame Recozido	9
Tela Soldada Nervurada	9
Treliça	11
Barra de Transferência Gerdau (BTG)	12
Malha Pop	12
Coluna Pop	13
Estribo	14
Kit Sapata	15

Perfis Estruturais Gerdau Açominas

Perfil I - abas paralelas	16
Perfil H - abas paralelas	17
Tabela de equivalência Perfis I e H	18

Pregos

Prego com Cabeça	20
Prego Qualidade Marcenaria	21
Prego Telheiro	21
Prego Ardox	22
Prego Anelado	22
Prego Cabeça Dupla	23
Prego para Taco	23
Prego Quadrado	23

AÇO PARA INDÚSTRIA

Barras e Perfis

Barras Laminadas	
Barra Chata	24
Barra Redonda	25
Barra Quadrada	26
Tribar	26

AÇO PARA INDÚSTRIA

Barras e Perfis

Perfis Laminados

Cantoneira

28

Perfil I

29

Perfil U

30

Perfil T

31

Perfil Estrela

31

Barras Trefiladas

Barra Quadrada Trefilada

32

Barra Redonda Trefilada

32

Barra Sextavada Trefilada

34

Aços Especiais

Faixas de bitolas produzidas por tipo de material (mm)

35

Acabamento

35

Tratamento térmico

35

Tolerâncias dimensionais de laminados e forjados

36

Características mecânicas dos produtos Gerdau Aços Especiais

37

Arames Industriais

Arames de Baixo Teor de Carbono (BTC)

Para Artefatos

38

Polido

38

Galvanizado Industrial

38

Arames de Alto Teor de Carbono (ATC)

Polido

39

Claro

39

Galvanizado

39

Arames Galvanizados para Alma de Cabos de Alumínio (ACSR)

39

Piatina Gerdau

40

Arames para Solda

MIG

41

ARC

41

TIG

42

OXI

42

ELETRODO

42

AÇO PARA AGROPECUÁRIA

Arame Farpados	
Elefante	43
Zebu	43
Touro	43
Urso	44
Gir	44
Potro	44
Grampo	45
Arame Ovalado	45
Cercafix	46
Arame Cerca Elétrica	46
Arame Culturas Aéreas	46
Cordoalha Curral	47
Cordoalha Culturas Aéreas	47
Arame Galvanizado	47
Arame Galvanizado Plastificado	48
Alambrado	48
Mourão de Aço	49
Ancorfix	49
Gripple	49

PRODUTOS PLANOS E DERIVADOS

Chapas e bobinas	50
Fitas	53
Telhas de aço galvanizado / Cumeeiras	54
Blanks	55
Fixadores	55
Tubos	56
UDC simples	61
UDC enrijecido	62
Tiras raiadas	63
Formas para treliça	63

SERVIÇOS

Corte e dobra de Vergalhões	64
Corte de Barras e Perfis	64

[AÇO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL]

Vergalhões e Produtos Ampliados

Vergalhão GERDAU GG 50

Bitola (pol.)	Bitola (mm)	Peso barra (kg)	Peso aproximado (kg/m)
1/4"	6,30	2,940	0,245
5/16"	8,00	4,740	0,395
3/8"	10,00	7,404	0,617
1/2"	12,50	11,556	0,963
5/8"	16,00	18,936	1,578
3/4"	20,00	29,592	2,466
1"	25,00	46,236	3,853
1.1/4"	32,00	75,756	6,313
1.9/16"	40,00	118,380	9,865

- Atende a norma NBR 7480.
- Pode ser fornecido em barras retas de 6.3 a 40mm, dobradas até 20mm e em rolos de 6.3 a 16mm. Os feixes de barras possuem comprimento de 12m e peso de 1.000kg ou 2.000kg.
- O vergalhão Gerdau GG 50 também pode ser comercializado cortado e dobrado conforme o seu projeto (ver pág. 64).
- O vergalhão Gerdau GG 50 em barra é soldável a partir da bitola de 8.0mm, já em rolo é soldável em todas as bitolas sob consulta.

Obs.: Produtos da Unidade Divinópolis certificados com selo categoria 1.

Vergalhão CA-25

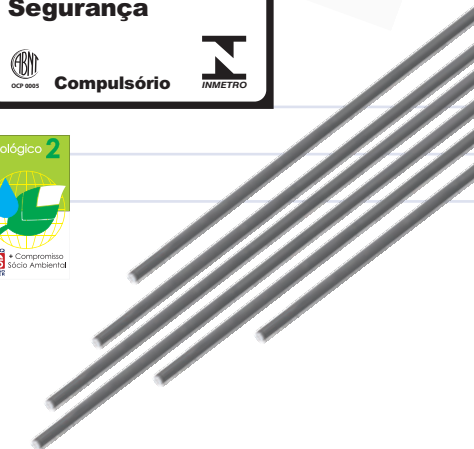
Bitola (pol.)	Bitola (mm)	Peso barra (kg)	Peso aproximado (kg/m)
1/4"	6,30	2,940	0,245
5/16"	8,00	4,740	0,395
3/8"	10,00	7,404	0,617
1/2"	12,50	11,556	0,963
5/8"	16,00	18,936	1,578
3/4"	20,00	29,592	2,466
1"	25,00	46,236	3,853
1.1/4"	32,00	75,756	6,313
1.9/16"	40,00	118,380	9,865

- Atende a norma NBR 7480.
- O vergalhão CA-25 possui superfície lisa, é comercializado em barras retas com comprimento de 12m de feixes de 1.000kg ou 2.000kg e é soldável para todas as bitolas.

CA-60 GERDAU

Bitola (mm)	Peso barra (kg)	Peso aproximado (kg/m)
4,20	1,308	0,109
5,00	1,848	0,154
6,00	2,664	0,222
7,00	3,624	0,302
8,00	4,740	0,395
9,50	6,696	0,558

- Atende a norma NBR 7480.
- Fornecido em: Rolos com aproximadamente 170kg;
Barras de 12m de comprimento, retas ou dobradas;
Feixes de 1.000kg;
Estocadores de 800kg e bobinas de 2.000kg para uso industrial.



Arame Recozido

BWG N°	Diâmetro mm	Peso aproximado kg/m
3	6,04	0,225
6	5,16	0,164
8	4,19	0,108
10	3,40	0,071
11	3,05	0,057
12	2,77	0,047
13	2,50	0,039
14	2,00	0,025
16	1,60	0,016
18	1,25	0,010

- Pode ser fornecido em rolos de 60, 35 e 1kg.



Tela Soldada Nervurada

Tela soldada para armação de tubos de concreto

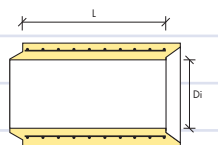
Tipo macho e fêmea

Designação	Espaçamento entre fios		Diâmetro do fio		Peso aprox. kg/m ²	Largura m	Comp. do rolo m	Peso do rolo kg
	LONG. cm	TRANS. cm	LONG. mm	TRANS. mm				
MF 113	10	20	3,8	3,4	1,27	0,975	120	148,6
MF 138	10	20	4,2	3,4	1,47	0,975	120	172,0
MF 159	10	20	4,5	3,4	1,64	0,975	120	191,9
MF 196	10	20	5,0	3,4	1,94	0,975	120	227,0
MF 246	10	20	5,6	3,4	2,34	0,975	60	136,9
MF 283	10	20	6,0	4,2	2,82	0,975	60	165,0

- As larguras das telas indicadas na tabela são para tubos de 1,00m de comprimento. Outros comprimentos de tubo mediante consulta.
- Aço CA-60 nervurado conforme Norma NBR 7481.

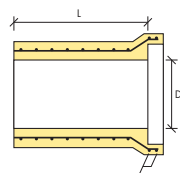


Corte longitudinal para tubos tipo "Macho e Fêmea"



L = Comprimento do tubo
Di = Diâmetro interno do tubo

Corte longitudinal para tubos tipo "Ponta de Bolsa"



Dois arames da bolsa fornecidos junto com a tela e colocados após a dobragem.

L = Comprimento do tubo
Di = Diâmetro interno do tubo

- As telas para tubos de 1,00m de comprimento deverão ter largura de 1,12m;
as telas para tubos de 1,50m de comprimento deverão ter largura de 1,65m.
- Recomenda-se emenda de 56 vezes o diâmetro nominal do arame para um FCK > 3 mPa.
- Aço CA-60 nervurado conforme Norma NBR 7481.

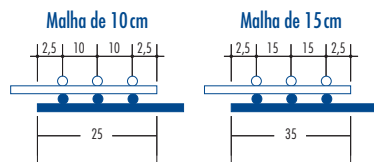
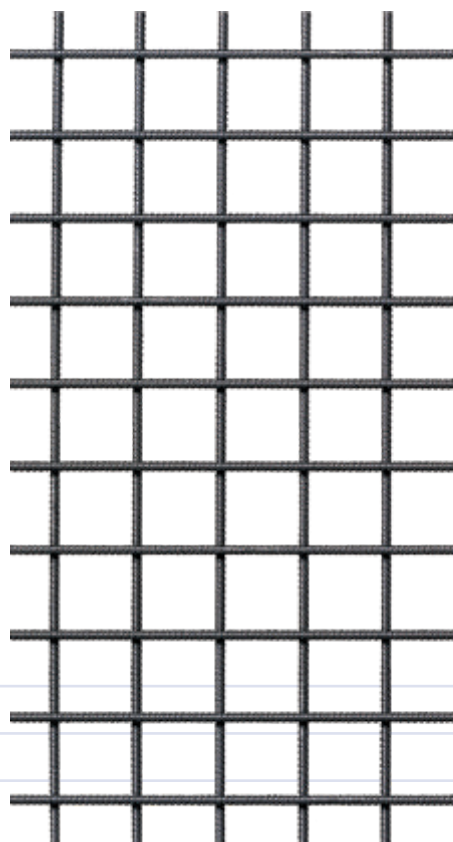


Tela soldada para estruturas de concreto armado

Normas: NBR 7481, NBR 5916 e NBR 7480 da ABNT



Designação	Apresentação	Espaçamento entre fios		Diâmetro		Dimensões		Peso	
		LONG. cm	TRANS. cm	LONG. mm	TRANS. mm	LARG. m	COMP. m	kg/m²	kg/Peça
Aço CA-60 nervurado									
Q 61	Rolo	15	15	3,4	3,4	2,45	120	0,97	285,2
Q 61	Painel	15	15	3,4	3,4	2,45	6	0,97	14,2
Q 75	Rolo	15	15	3,8	3,8	2,45	120	1,21	355,7
Q 75	Painel	15	15	3,8	3,8	2,45	6	1,21	17,7
Q 92	Rolo	15	15	4,2	4,2	2,45	60	1,48	217,6
Q 92	Painel	15	15	4,2	4,2	2,45	6	1,48	21,8
T 92	Rolo	30	15	4,2	4,2	2,45	120	1,12	329,3
Q 113	Rolo	10	10	3,8	3,8	2,45	60	1,80	264,6
Q 113	Painel	10	10	3,8	3,8	2,45	6	1,80	26,4
L 113	Rolo	10	30	3,8	3,8	2,45	60	1,21	177,2
L 113	Painel	10	30	3,8	3,8	2,45	6	1,21	17,7
Q 138	Rolo	10	10	4,2	4,2	2,45	60	2,20	323,4
Q 138	Painel	10	10	4,2	4,2	2,45	6	2,20	32,3
R 138	Painel	10	15	4,2	4,2	2,45	6	1,83	26,9
M 138	Painel	10	20	4,2	4,2	2,45	6	1,65	24,3
L 138	Rolo	10	30	4,2	4,2	2,45	60	1,47	216,1
L 138	Painel	10	30	4,2	4,2	2,45	6	1,47	21,6
T 138	Rolo	30	10	4,2	4,2	2,45	60	1,49	219,1
Q 159	Painel	10	10	4,5	4,5	2,45	6	2,52	37,0
R 159	Painel	10	15	4,5	4,5	2,45	6	2,11	31,0
M 159	Painel	10	20	4,5	4,5	2,45	6	1,90	27,9
L 159	Painel	10	30	4,5	4,5	2,45	6	1,69	24,8
Q 196	Painel	10	10	5,0	5,0	2,45	6	3,11	45,7
R 196	Painel	10	15	5,0	5,0	2,45	6	2,60	38,2
M 196	Painel	10	20	5,0	5,0	2,45	6	2,34	34,4
L 196	Painel	10	30	5,0	5,0	2,45	6	2,09	30,7
T 196	Painel	30	10	5,0	5,0	2,45	6	2,11	31,0
Q 246	Painel	10	10	5,6	5,6	2,45	6	3,91	57,5
R 246	Painel	10	15	5,6	5,6	2,45	6	3,26	47,9
M 246	Painel	10	20	5,6	5,6	2,45	6	2,94	43,2
L 246	Painel	10	30	5,6	5,6	2,45	6	2,62	38,5
T 246	Painel	30	10	5,6	5,6	2,45	6	2,64	38,8
Q 283	Painel	10	10	6,0	6,0	2,45	6	4,48	65,9
R 283	Painel	10	15	6,0	6,0	2,45	6	3,74	55,0
M 283	Painel	10	20	6,0	6,0	2,45	6	3,37	49,5
L 283	Painel	10	30	6,0	6,0	2,45	6	3,00	44,1
Q 335	Painel	15	15	8,0	8,0	2,45	6	5,37	78,9
L 335	Painel	15	30	8,0	6,0	2,45	6	3,48	51,2
T 335	Painel	30	15	6,0	8,0	2,45	6	3,45	50,7
Q 396	Painel	10	10	7,1	7,1	2,45	6	6,28	92,3
L 396	Painel	10	30	7,1	6,0	2,45	6	3,91	57,5
Q 503	Painel	10	10	8,0	8,0	2,45	6	7,97	117,2
L 503	Painel	10	30	8,0	6,0	2,45	6	4,77	70,1
T 503	Painel	30	10	6,0	8,0	2,45	6	4,76	70,0
Q 636	Painel	10	10	9,0	9,0	2,45	6	10,09	148,3
L 636	Painel	10	30	9,0	6,0	2,45	6	5,84	85,8
Q 785	Painel	10	10	10,0	10,0	2,45	6	12,46	183,2
L 785	Painel	10	30	10,0	6,0	2,45	6	7,03	103,3



Trespasse: 2 malhas

- Outras dimensões mediante consulta, inclusive para telas tipo T, L, R, ou M.
- * Tela EQ 98: tela para argamassa armada fabricada em CA-60 liso (consultar prazo de produção).

Treliça

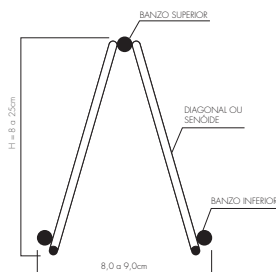


Desig. Gerdau	Desig. NBR 14862	Peso	Altura	Diâmetros			Compr.	Subamarradas		
				mm				Número Trelíças	Peso por peça	Peso aprox.
				Banzo superior	Diagonal	Banzo inferior				
		kg/m	cm				m	kg	kg	
TG 8 L	TR 08644	0,735	8	6,0	4,2	4,2	8	10	5,88	58,80
							10		7,35	73,50
							12		8,82	88,20
TG 8 M	TR 08645	0,821	8	6,0	4,2	5,0	8	10	6,57	65,68
							10		8,21	82,10
							12		9,85	98,52
TG 12 M	TR 12645	0,886	12	6,0	4,2	5,0	8	8	7,04	56,70
							10		8,86	70,88
							12		10,63	85,06
TG 12 R	TR 12646	1,016	12	6,0	4,2	6,0	8	8	8,12	65,02
							10		10,15	81,28
							12		12,19	97,54
TG 16 L	TR 16745	1,032	16	7,0	4,2	5,0	8	6	8,26	49,54
							10		10,32	61,92
							12		12,38	74,30
TG 16 R	TR 16746	1,168	16	7,0	4,2	6,0	8	5	9,34	46,72
							10		11,68	58,40
							12		14,02	70,08
TG 20 L	TR 20745	1,111	20	7,0	4,2	5,0	8	5	8,89	44,44
							10		11,11	55,55
							12		13,33	66,66
TG 20 R	TR 20756	1,446	20	7,0	5,0	6,0	8	5	11,57	57,84
							10		14,46	72,30
							12		17,35	86,76
TG 25 L	TR 25856	1,678	25	8,0	5,0	6,0	8	5	12,69	67,44
							10		16,02	84,30
							12		19,22	101,16
TG 25 R	TR 25857	1,855	25	8,0	5,0	7,0	8	5	14,84	74,20
							10		18,55	92,75
							12		22,26	111,30

- Aço utilizado: CA-60 nervurado.

- Mediante consulta poderão ser fornecidas treliças com outras dimensões.

SEÇÃO TRANSVERSAL TÍPICA



Barra de Transferência Gerdau (BTG)

Designação do produto	Diâmetro da barra mm	Peso da barra kg	Quantidade de barras por feixe	Peso do feixe kg
BTG 12	12,5	0,482	75	36,15
BTG 16	16,0	0,789	45	35,51
BTG 20	20,0	1,233	30	36,99
BTG 25	25,0	1,927	20	38,54
BTG 32	32,0	3,157	10	31,57

Relação entre espessura do piso e diâmetro da barra

Espessura do piso cm	Diâmetro da barra mm
até 10,0	12,5
de 10,1 até 12,5	16,0
de 12,6 até 15,0	20,0
de 15,1 até 22,5	25,0
maior que 22,5	32,0

- Comprimento da BTG = 50cm.
- As extremidades são cortadas de forma a não ter ressalto ou amassamentos.
- Para posicionar a BTG na altura indicada no projeto, recomenda-se o uso da Trelíça Gerdau.
- Mediante consulta, poderão ser fornecidas BTG com outras dimensões e bitolas.
- Aço CA-25 liso.

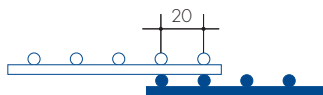


Malha Pop

Existem 4 tipos específicos de Malha Pop em painéis de 2,00 x 3,00 m.

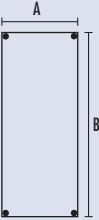
TIPO	MALHA cm	Bitolas dos arames mm	Peso estimado do painel 2,00 x 3,00m kg
LEVE	20 x 20	3,4	4,28
MÉDIO	15 x 15	3,4	5,84
REFORÇADO	15 x 15	4,2	8,92
PESADO	10 x 10	4,2	13,05

- Para emendar a Malha Pop deve-se sobrepor as extremidades em 20cm.
- Aço CA-60 nervurado conforme Norma NBR 7481.



Coluna Pop

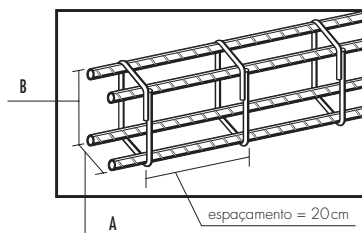


Formato dos estribos das colunas	Dimensões	Ø Ferragem	Ø Estribo	Comprimento	Peso peça
	A x B	GG 50	CA 60		
	cm	mm	mm		
	7 x 14	8,00	4,2	6,00	10,81
			4,2	7,00	12,63
	7 x 17		4,2	6,00	10,99
			4,2	7,00	12,87
	7 x 20		4,2	6,00	11,21
	7 x 27		4,2	6,00	11,79
	9 x 14		4,2	6,00	10,93
			4,2	7,00	12,74
	7 x 14	10,00	4,2	6,00	16,13
	7 x 17		4,2	6,00	16,28
			4,2	7,00	18,99
	7 x 20		4,2	6,00	16,34
	7 x 27		4,2	6,00	17,10
	9 x 14		4,2	6,00	16,22
			4,2	7,00	18,94
	10 x 20		4,2	6,00	16,61
		4,2	7,00	19,40	



- Os espaçamentos entre estribos são de 20cm.
- As colunas são fornecidas nos comprimentos de 6,0m e 7,0m.
- Outras dimensões, mediante consulta.
- União por solda a ponto.

Obs: A Coluna Pop é fabricada a partir da Tela para Coluna Gerdau, que possui a certificação ambiental da Falcão Bauer.



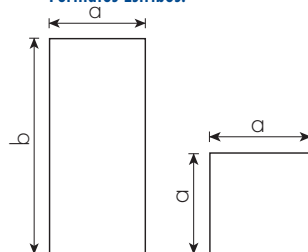
Estribo

Estribos retangulares e quadrados padronizados

Bitolas (mm)	Dimensões (cm)	Peso do feixe c/ 100 estribos	Bitolas (mm)	Dimensões (cm)	Peso do feixe c/ 100 estribos	Bitolas (mm)	Dimensões (cm)	Peso do feixe c/ 100 estribos
Aço CA-60	a x b	kg	Aço CA-60	a x b	kg	Aço CA-60	a x b	kg
4,2	6 x 11	4,80	4,2	10 x 38	11,55	5,0	8 x 10	7,08
	6 x 12	5,01		11 x 11	5,89		8 x 12	7,70
	6 x 14	5,45		11 x 12	6,10		8 x 15	8,62
	6 x 15	5,67		11 x 14	6,54		8 x 20	10,16
	6 x 16	5,89		11 x 16	6,98		8 x 25	11,70
	6 x 17	6,10		11 x 17	7,19		8 x 26	12,01
	6 x 19	6,54		11 x 20	7,85		8 x 30	13,24
	6 x 20	6,76		11 x 21	8,07		8 x 36	15,09
	6 x 21	6,98		11 x 25	8,94		8 x 46	18,17
	6 x 22	7,19		11 x 26	9,16		9 x 15	8,93
	6 x 25	7,85		11 x 27	9,37		9 x 17	9,55
	6 x 26	8,07		11 x 36	11,34		9 x 27	12,63
	6 x 27	8,28		12 x 12	6,32		10 x 10	7,70
	7 x 7	4,14		12 x 14	6,76		10 x 15	9,24
	7 x 9	4,58		12 x 15	6,98		10 x 17	9,86
	7 x 10	4,80		12 x 16	7,19		10 x 20	10,78
	7 x 11	5,01		12 x 17	7,41		10 x 25	12,32
	7 x 12	5,23		12 x 20	8,07		10 x 26	12,63
	7 x 14	5,67		12 x 22	8,50		10 x 27	12,94
	7 x 15	5,89		12 x 25	9,16		10 x 35	15,40
	7 x 16	6,10		12 x 27	9,59		10 x 36	15,71
	7 x 17	6,32		12 x 32	10,68		10 x 37	16,02
	7 x 20	6,98		12 x 35	11,34		10 x 46	18,79
	7 x 22	7,41		12 x 37	11,77		11 x 16	9,86
	7 x 25	8,07		13 x 13	6,76		11 x 21	11,40
	7 x 27	8,50		13 x 15	7,19		11 x 26	12,94
	7 x 30	9,16		14 x 14	7,19		11 x 27	13,24
	7 x 32	9,59		14 x 15	7,41		11 x 36	16,02
	7 x 35	10,25		14 x 16	7,63		12 x 12	8,93
	7 x 37	10,68		14 x 24	9,37		12 x 16	10,16
	8 x 8	4,58		14 x 35	11,77		12 x 17	10,47
	8 x 10	5,01		15 x 15	7,63		12 x 22	12,01
	8 x 12	5,45		15 x 17	8,07		12 x 24	12,63
	8 x 13	5,67		15 x 18	8,28		12 x 25	12,94
	8 x 14	5,89		15 x 20	8,72		12 x 27	13,55
	8 x 15	6,10		15 x 24	9,59		12 x 37	16,63
	8 x 16	6,32		15 x 25	9,81		12 x 47	19,71
	8 x 17	6,54		15 x 27	10,25		13 x 35	16,32
	8 x 18	6,76		15 x 30	10,90		14 x 14	10,16
	8 x 20	7,19		15 x 35	11,99		14 x 24	13,24
	8 x 22	7,63		16 x 16	8,07		15 x 15	10,78
	8 x 25	8,28		16 x 17	8,28		15 x 20	12,32
	8 x 27	8,72		16 x 21	9,16		15 x 25	13,86
	8 x 32	9,81		16 x 22	9,37		15 x 30	15,40
	9 x 9	5,01		16 x 24	9,81		15 x 35	16,94
	9 x 10	5,23		16 x 26	10,25		15 x 40	18,48
	9 x 11	5,45		16 x 27	10,46		16 x 16	11,40
	9 x 12	5,67		16 x 36	12,43		16 x 21	12,94
	9 x 14	6,10		17 x 17	8,50		16 x 26	14,48
	9 x 15	6,32		17 x 20	9,16		16 x 27	14,78
	9 x 16	6,54		17 x 22	9,59		16 x 31	16,02
	9 x 17	6,76		17 x 24	10,03		16 x 35	17,25
	9 x 19	7,19		17 x 25	10,25		16 x 36	17,56
	9 x 20	7,41		17 x 27	10,68		16 x 37	17,86
	9 x 21	7,63		17 x 35	12,43		16 x 41	19,10
	9 x 22	7,85		17 x 37	12,86		16 x 56	23,72
	9 x 24	8,28		18 x 18	8,94		17 x 17	12,01
	9 x 25	8,50		18 x 25	10,46		17 x 22	13,55
	9 x 26	8,72		18 x 30	11,55		17 x 24	14,17
	9 x 27	8,94		19 x 19	9,37		17 x 27	15,09
	9 x 32	10,03		19 x 24	10,46		17 x 37	18,17
	9 x 35	10,68		20 x 20	9,81		17 x 42	19,71
	9 x 45	12,86		20 x 25	10,90		17 x 47	21,25
	10 x 10	5,45		20 x 27	11,34		18 x 18	12,63
	10 x 11	5,67		20 x 30	11,99		18 x 36	18,17
	10 x 12	5,89		20 x 35	13,08		20 x 20	13,86
	10 x 14	6,32	5,0	6 x 16	8,32		22 x 47	22,79
	10 x 15	6,54		6 x 21	9,86		22 x 57	25,87
	10 x 17	6,98		6 x 26	11,40		27 x 27	18,17
	10 x 20	7,63		7 x 12	7,39		30 x 10	13,86
	10 x 25	8,72		7 x 15	8,32		36 x 36	23,72
	10 x 27	9,16		7 x 17	8,93		40 x 10	16,94
	10 x 30	9,81		7 x 27	12,01			
	10 x 35	10,90		7 x 37	15,09			

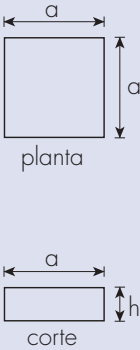


Formatos Estribos:



- Mediante consulta, poderão ser fornecidos estribos com outras dimensões, formatos e bitolas.

Kit sapata

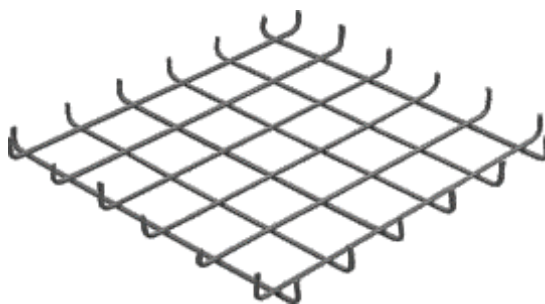
Formato	Dimensões	Bitolas	Estribos	Peso
	cm	mm		
	a x a x h	Aço GG 50		
 <p>planta</p> <p>corte</p>	40 x 40 x 20	8,0	6	3,19
	40 x 40 x 30	8,0	6	3,67
	50 x 50 x 20	8,0	6	3,67
	50 x 50 x 30	8,0	6	4,14
	60 x 60 x 30	8,0	8	6,15
	60 x 60 x 40	8,0	8	6,78
	40 x 40 x 20	10,0	6	5,12
	40 x 40 x 30	10,0	6	5,86
	50 x 50 x 20	10,0	6	5,71
	50 x 50 x 20	10,0	8	7,79
	50 x 50 x 30	10,0	6	6,59
	50 x 50 x 30	10,0	8	8,73
	50 x 50 x 40	10,0	6	7,33
	60 x 60 x 20	10,0	6	6,45
	60 x 60 x 20	10,0	8	8,79
	60 x 60 x 30	10,0	8	9,78
	60 x 60 x 40	10,0	8	10,76

- Aço GG 50.



Bitolas	Dimensões	Peso
mm	cm	kg
8,0	60 x 60	2,12
	80 x 80	3,44
10,0	80 x 80	5,37
	100 x 100	7,92

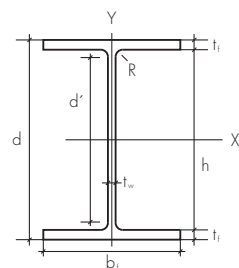
- Essas dimensões referem-se à Sapata concretada.
- Aço GG 50.
- Modelo disponível somente nos estados: Paraná, Bahia, Pernambuco, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.
- Armação já soldada.



Perfis Estruturais Gerdau Açominas

Perfil I – abas paralelas

Bitola mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _f mm	Espessura		h mm	d' mm	Área cm ²
				t _w mm	t _f mm			
W 150 x 13,0	13,0	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6
W 150 x 18,0	18,0	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4
W 150 x 24,0	24,0	160	102	6,6	10,3	139	115	31,5
W 200 x 15,0	15,0	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4
W 200 x 19,3	19,3	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1
W 200 x 22,5	22,5	206	102	6,2	8,0	190	170	29,0
W 200 x 26,6	26,6	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2
W 200 x 31,3	31,3	210	134	6,4	10,2	190	170	40,3
W 250 x 17,9	17,9	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1
W 250 x 22,3	22,3	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9
W 250 x 25,3	25,3	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6
W 250 x 28,4	28,4	260	102	6,4	10,0	240	220	36,6
W 250 x 32,7	32,7	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1
W 250 x 38,5	38,5	262	147	6,6	11,2	240	220	49,6
W 250 x 44,8	44,8	266	148	7,6	13,0	240	220	57,6
W 310 x 21,0	21,0	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2
W 310 x 23,8	23,8	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7
W 310 x 28,3	28,3	309	102	6,0	8,9	291	271	36,5
W 310 x 32,7	32,7	313	102	6,6	10,8	291	271	42,1
W 310 x 38,7	38,7	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7
W 310 x 44,5	44,5	313	166	6,6	11,2	291	271	57,2
W 310 x 52,0	52,0	317	167	7,6	13,2	291	271	67,0
W 360 x 32,9	32,9	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1
W 360 x 39,0	39,0	353	128	6,5	10,7	332	308	50,2
W 360 x 44,0	44,0	352	171	6,9	9,8	332	308	57,7
W 360 x 51,0	51,0	355	171	7,2	11,6	332	308	64,8
W 360 x 57,8	57,8	358	172	7,9	13,1	332	308	72,5
W 360 x 64,0	64,0	347	203	7,7	13,5	320	288	81,7
W 360 x 72,0	72,0	350	204	8,6	15,1	320	288	91,3
W 360 x 79,0	79,0	354	205	9,4	16,8	320	288	101,2
W 410 x 38,8	38,8	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3
W 410 x 46,1	46,1	403	140	7,0	11,2	381	357	59,2
W 410 x 53,0	53,0	403	177	7,5	10,9	381	357	68,4
W 410 x 60,0	60,0	407	178	7,7	12,8	381	357	76,2
W 410 x 67,0	67,0	410	179	8,8	14,4	381	357	86,3
W 410 x 75,0	75,0	413	180	9,7	16,0	381	357	95,8
W 410 x 85,0	85,0	417	181	10,9	18,2	381	357	108,6
W 460 x 52,0	52,0	450	152	7,6	10,8	428	404	66,6
W 460 x 60,0	60,0	455	153	8,0	13,3	428	404	76,2
W 460 x 68,0	68,0	459	154	9,1	15,4	428	404	87,6
W 460 x 74,0	74,0	457	190	9,0	14,5	428	404	94,9
W 460 x 82,0	82,0	460	191	9,9	16,0	428	404	104,7
W 460 x 89,0	89,0	463	192	10,5	17,7	428	404	114,1
W 460 x 97,0	97,0	466	193	11,4	19,0	428	404	123,4
W 460 x 106,0	106,0	469	194	12,6	20,6	428	404	135,1
W 530 x 66,0	66,0	525	165	8,9	11,4	502	478	83,6
W 530 x 72,0	72,0	524	207	9,0	10,9	502	478	91,6
W 530 x 74,0	74,0	529	166	9,7	13,6	502	478	95,1
W 530 x 82,0	82,0	528	209	9,5	13,3	501	477	104,5
W 530 x 85,0	85,0	535	166	10,3	16,5	502	478	107,7
W 530 x 92,0	92,0	533	209	10,2	15,6	502	478	117,6
W 530 x 101,0	101,0	537	210	10,9	17,4	502	470	130,0
W 530 x 109,0	109,0	539	211	11,6	18,8	501	469	139,7
W 610 x 101,0	101,0	603	228	10,5	14,9	573	541	130,3
W 610 x 113,0	113,0	608	228	11,2	17,3	573	541	145,3
W 610 x 125,0	125,0	612	229	11,9	19,6	573	541	160,1
W 610 x 140,0	140,0	617	230	13,1	22,2	573	541	179,3
W 610 x 155,0	155,0	611	324	12,7	19,0	573	541	198,1
W 610 x 174,0	174,0	616	325	14,0	21,6	573	541	222,8

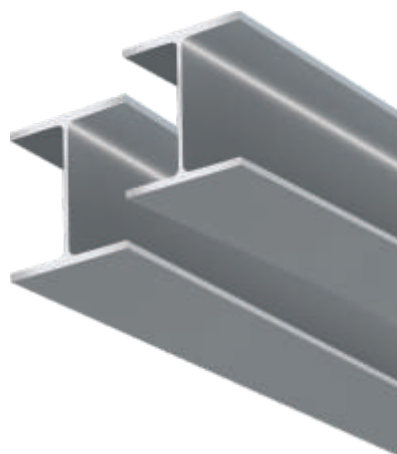


d = altura do perfil
 d' = altura livre da alma
 h = altura interna
 b_f = largura da aba do perfil
 t_f = espessura da aba
 t_w = espessura da alma
 R = raio de concordância

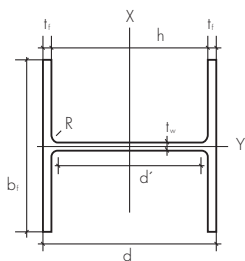
- Comprimentos de 6m e 12m.
- Atende à Norma ASTM A 572. Grau 50.
- Outros tamanhos poderão ser fornecidos mediante consulta prévia.

Perfil H – abas paralelas

Bitola mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	b _f mm	Espessura		h mm	d' mm	Área cm ²
				t _w mm	t _f mm			
W 150 x 22,5	22,5	152	152	5,8	6,6	139	119	29,0
W 150 x 29,8	29,8	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5
W 150 x 37,1	37,1	162	154	8,1	11,6	139	119	47,8
W 200 x 35,9	35,9	201	165	6,2	10,2	181	161	45,7
W 200 x 41,7	41,7	205	166	7,2	11,8	181	157	53,5
W 200 x 46,1	46,1	203	203	7,2	11,0	181	161	58,6
W 200 x 52,0	52,0	206	204	7,9	12,6	181	157	66,9
HP 200 x 53,0	53,0	204	207	11,3	11,3	181	161	68,1
W 200 x 59,0	59,0	210	205	9,1	14,2	182	158	76,0
W 200 x 71,0	71,0	216	206	10,2	17,4	181	161	91,0
W 200 x 86,0	86,0	222	209	13,0	20,6	181	157	110,9
HP 250 x 62,0	62,0	246	256	10,5	10,7	225	201	79,6
W 250 x 73,0	73,0	253	254	8,6	14,2	225	201	92,7
W 250 x 80,0	80,0	256	255	9,4	15,6	225	201	101,9
HP 250 x 85,0	85,0	254	260	14,4	14,4	225	201	108,5
W 250 x 89,0	89,0	260	256	10,7	17,3	225	201	113,9
W 250 x 101,0	101,0	264	257	11,9	19,6	225	201	128,7
W 250 x 115,0	115,0	269	259	13,5	22,1	225	201	146,1
HP 310 x 79,0	79,0	299	306	11,0	11,0	277	245	100,0
HP 310 x 93,0	93,0	303	308	13,1	13,1	277	245	119,2
W 310 x 97,0	97,0	308	305	9,9	15,4	277	245	123,6
W 310 x 107,0	107,0	311	306	10,9	17,0	277	245	136,4
HP 310 x 110,0	110,0	308	310	15,4	15,5	277	245	141,0
W 310 x 117,0	117,0	314	307	11,9	18,7	277	245	149,9
HP 310 x 125,0	125,0	312	312	17,4	17,4	277	245	159,0
W 360 x 91,0	91,0	353	254	9,5	16,4	320	288	115,9
W 360 x 101,0	101,0	357	255	10,5	18,3	320	286	129,5
W 360 x 110,0	110,0	360	256	11,4	19,9	320	288	140,6
W 360 x 122,0	122,0	363	257	13,0	21,7	320	288	155,3



- Comprimentos de 12m ou 6m.
- Atende à Norma ASTM A 572. Grau 50.
- Outros tamanhos poderão ser fornecidos mediante consulta prévia.



- d = altura do perfil
- d' = altura livre da alma
- h = altura interna
- b_f = largura da aba do perfil
- t_f = espessura da aba
- t_w = espessura da alma
- R = raio de concordância

Tabela de equivalência Perfis I e H

PERFIS GERDAU ACOMINAS		I ABAS INCLINADAS PADRÃO AMERICANO				PERFIS SOLDADOS										
ASTM A6/A6M		NBR 7007				NBR 5884										
mm x kg/m		mm x kg/m				mm x kg/m										
pol.	x lb/ft															
W150 x 13,0	W 6 x 8,5	"1127 x 14,8	"1127 x 18,2	1127 x 22,0		VS 150 x 15										
W150 x 18,0	W 6 x 12	"1152 x 18,5				VS 150 x 18	VS 150 x 19	VS 150 x 20	VS 150 x 21	CYS 150 x 15	CYS 150 x 18					
W150 x 22,5	W 6 x 15	"1152 x 22,0	"1152 x 25,7			CS 150 x 25	CYS 150 x 20	CYS 150 x 22	CYS 150 x 24							
W150 x 24,0	W 6 x 16	"1152 x 25,7														
W150 x 29,8	W 6 x 20					CS 150 x 29	CS 150 x 31									
W150 x 37,1	W 6 x 25					CS 150 x 37	CS 150 x 45									
W200 x 15,0	W 8 x 10	"1152 x 18,5	"1152 x 22,0	"1152 x 25,7		VS 150 x 18	VS 150 x 19	VS 150 x 20	VS 150 x 21							
W200 x 19,3	W 8 x 13	"1152 x 22,0	"1152 x 25,7			VS 200 x 19	VS 200 x 20									
W200 x 22,5	W 8 x 15	"1152 x 25,7				VS 200 x 22	VS 200 x 23									
W200 x 26,6	W 8 x 18	1203 x 27,3	1203 x 30,5			VS 200 x 25	VS 200 x 26	CYS 200 x 21	CYS 200 x 24	CYS 200 x 27						
W200 x 31,3	W 8 x 21	1203 x 34,3	1203 x 38,0			CYS 200 x 28	CYS 200 x 30									
W200 x 35,9	W 8 x 24	1203 x 38,0				CS 200 x 29	CS 200 x 34	CYS 200 x 36	CYS 200 x 38							
W200 x 41,7	W 8 x 28					CS 200 x 39	CS 200 x 41									
W200 x 46,1	W 8 x 31					CYS 200 x 46	CS 200 x 50									
W200 x 52,0	W 8 x 35															
HP 200 x 53,0	HP 8 x 36					CS 200 x 61										
W200 x 59,0	W 8 x 40															
W200 x 71,0	W 8 x 48															
W200 x 86,0	W 8 x 58															
W250 x 17,9	W 10 x 12					VS 200 x 19	VS 200 x 20	VS 200 x 22	VS 200 x 23							
W250 x 22,5	W 10 x 15	1203 x 27,3	1203 x 30,5	1203 x 34,3	1203 x 38,0	VS 200 x 25	VS 200 x 26	VS 250 x 21	VS 250 x 23							
W250 x 25,3	W 10 x 17	1203 x 27,3	1203 x 30,5	1203 x 34,3	1203 x 38,0	VS 250 x 24	VS 250 x 25	VS 250 x 26	VS 250 x 27							
W250 x 28,4	W 10 x 19	1203 x 30,5	1203 x 34,3	1203 x 38,0		VS 250 x 29	VS 250 x 30									
W250 x 32,7	W 10 x 22	1203 x 34,3	1203 x 38,0			VS 250 x 32				CYS 250 x 30	CYS 250 x 33					
W250 x 38,5	W 10 x 26	1254 x 37,8	1254 x 44,7			CYS 250 x 40										
W250 x 44,8	W 10 x 30	1254 x 44,7	1254 x 52,1	1254 x 59,6		CYS 250 x 47										
HP 250 x 62,0	HP 10 x 42					CS 250 x 43	CS 250 x 49	CS 250 x 52	CS 250 x 63	CS 250 x 66	CYS 250 x 56	CYS 250 x 64				
W250 x 73,0	W 10 x 49					CYS 250 x 72	CS 250 x 76									
W250 x 80,0	W 10 x 54					CS 250 x 79	CS 250 x 84									
HP 250 x 85,0	HP 10 x 57					CS 250 x 84										
W250 x 89,0	W 10 x 60					CS 250 x 90	CS 250 x 95									
W 250 x 101,0	W 10 x 68					CS 250 x 108										
W 250 x 115,0	W 10 x 77															
W 310 x 21,0	W 12 x 14					VS 200 x 22	VS 200 x 23	VS 250 x 24	VS 250 x 25	VS 250 x 26	VS 250 x 27					
W 310 x 23,8	W 12 x 16					VS 250 x 29	VS 250 x 30	VS 300 x 23	VS 300 x 25							
W 310 x 28,3	W 12 x 19	1254 x 37,7				VS 300 x 26	VS 300 x 27	VS 300 x 28								
W 310 x 32,7	W 12 x 22	1254 x 37,7	1254 x 44,7	1254 x 52,1		VS 250 x 32	VS 300 x 31	VS 300 x 32	VS 300 x 33	VS 300 x 34						
W 310 x 38,7	W 12 x 26	1254 x 44,7	1254 x 52,1	1254 x 59,6		VS 300 x 37										
W 310 x 44,5	W 12 x 30	1254 x 44,7	1254 x 52,1	1254 x 59,6		VS 300 x 46	CYS 300 x 47									
W 310 x 52,0	W 12 x 35	1254 x 52,1	1254 x 59,6	1305 x 60,6		CYS 300 x 55	CYS 300 x 57									
HP 310 x 79,0	HP 12 x 53	1305 x 67,0	1305 x 74,4	1305 x 81,9		CS 250 x 79	CS 300 x 84	CYS 300 x 66	CYS 300 x 67	CYS 300 x 70	CYS 300 x 79	CYS 300 x 80	CYS 300 x 83	CYS 300 x 85	CS 250 x 90	CS 250 x 95
HP 310 x 93,0	HP 12 x 63					CS 300 x 92	CYS 300 x 94	CYS 300 x 95								
W 310 x 97,0	W 12 x 65					CS 300 x 95	CS 300 x 102	CYS 300 x 100								
W 310 x 107,0	W 12 x 72					CS 300 x 109	CS 300 x 115	CYS 300 x 113								
HP 310 x 110,0	HP 12 x 74					CS 300 x 109	CS 300 x 115	CYS 300 x 113								
W 310 x 117,0	W 12 x 79					CS 300 x 122										
HP 310 x 125,0	HP 12 x 84					CS 300 x 122	CS 300 x 131	CS 300 x 138								
W 360 x 32,9	W 14 x 22					VS 300 x 33	VS 300 x 34	VS 300 x 37	VS 300 x 46	VS 350 x 26	VS 350 x 28	VS 350 x 30	VS 350 x 31	VS 350 x 32		VS 350 x 33
W 360 x 39,0	W 14 x 26					VS 350 x 35	VS 350 x 36	VS 350 x 38	VS 350 x 39							
W 360 x 44,0	W 14 x 30	1305 x 60,6	1305 x 67,0			VS 350 x 42										
W 360 x 51,0	W 14 x 34	1305 x 60,6	1305 x 67,0	1305 x 74,4	1305 x 81,9	VS 350 x 51										
W 360 x 57,8	W 14 x 38	1305 x 60,6	1305 x 67,0	1305 x 74,4	1305 x 81,9											
W 360 x 64,0	W 14 x 43	1305 x 67,0	1305 x 74,4	1305 x 81,9												
W 360 x 72,0	W 14 x 48	1305 x 74,4	1305 x 81,9	1381 x 63,3	1381 x 66,5	CYS 300 x 66	CYS 300 x 67	CYS 300 x 70	CYS 300 x 79	CYS 300 x 85						
W 360 x 79,0	W 14 x 53	1305 x 81,9	1381 x 73,9	1381 x 81,4		CYS 300 x 94	CYS 350 x 73									
W 360 x 91,0	W 14 x 61					CS 300 x 92	CS 300 x 95	CS 300 x 102	CS 300 x 109	CS 300 x 115	CS 300 x 122	CS 350 x 89	CYS 300 x 95	CYS 300 x 100	CYS 300 x 113	CYS 350 x 87
W 360 x 101,0	W 14 x 68					CS 300 x 102	CS 300 x 109	CS 300 x 115	CS 300 x 122	CS 300 x 131	CS 300 x 138	CS 350 x 93	CYS 300 x 113	CYS 350 x 98	CYS 350 x 105	CYS 350 x 107
W 360 x 110,0	W 14 x 74					CS 300 x 149	CS 350 x 108	CYS 350 x 118	CYS 400 x 82	CYS 400 x 87						
W 360 x 122,0	W 14 x 82					CS 350 x 112	CS 350 x 119	CYS 350 x 128	CYS 350 x 136							
W 410 x 38,8	W 16 x 26					VS 350 x 38	VS 350 x 39	VS 350 x 42	VS 350 x 51	VS 400 x 28	VS 400 x 30	VS 400 x 32	VS 400 x 34	VS 400 x 35		VS 400 x 38
W 410 x 46,1	W 16 x 31					VS 400 x 39	VS 400 x 41	VS 400 x 44								
W 410 x 53,0	W 16 x 36	1381 x 63,3				VS 400 x 53										
W 410 x 60,0	W 16 x 40	1381 x 63,3	1381 x 66,5	1381 x 73,9	1381 x 81,4											
W 410 x 67,0	W 16 x 45	1381 x 73,9	1381 x 81,4													
W 410 x 75,0	W 16 x 50	1381 x 81,4														
W 410 x 85,0	W 16 x 57															
W 460 x 52,0	W 18 x 35					VS 450 x 53	VS 450 x 51									
W 460 x 60,0	W 18 x 40					VS 450 x 59	VS 450 x 60									
W 460 x 68,0	W 18 x 46															
W 460 x 74,0	W 18 x 50					VS 450 x 70	VS 450 x 71									
W 460 x 82,0	W 18 x 55	1457 x 81,4	1457 x 89,3	1457 x 96,8		VS 450 x 80										
W 460 x 89,0	W 18 x 60	1457 x 89,3	1457 x 104,3			VS 450 x 83										
W 460 x 97,0	W 18 x 65	1457 x 96,8	1457 x 104,3			VS 450 x 95										
W 460 x 106,0	W 18 x 71															
W 530 x 66,0	W 21 x 44	1457 x 81,4				VS 450 x 70	VS 450 x 71	VS 500 x 61								
W 530 x 72,0	W 21 x 48	1457 x 81,4	1457 x 89,3	1457 x 96,8	1457 x 104,3	VS 450 x 80	VS 500 x 73	VS 550 x 64								
W 530 x 74,0	W 21 x 50	1457 x 81,4	1457 x 89,3	1457 x 96,8	1457 x 104,3	VS 450 x 83										
W 530 x 82,0	W 21 x 55	1457 x 89,3	1457 x 96,8	1457 x 104,3		VS 450 x 95	VS 550 x 75									
W 530 x 85,0	W 21 x 57	1457 x 89,3	1457 x 96,8	1457 x 104,3		VS 500 x 86										
W 530 x 92,0	W 21 x 62	1457 x 96,8	1457 x 104,3			VS 500 x 97										
W 530 x 101,0	W 21 x 68	1508 x 121,2				VS 550 x 88										
W 530 x 109,0	W 21 x 73	1508 x 126,6	1508 x 134,0	1508 x 141,5		VS 550 x 100										
W 610 x 101,0	W 24 x 68	1508 x 121,2	1508 x 126,6	1508 x 134,0	1508 x 141,5	VS 550 x 100	VS 600 x 81	VS 600 x 95	VS 650 x 84							
W 610 x 113,0	W 24 x 76	1508 x 121,2	1508 x 126,6	1508 x 134,0	1508 x 141,5	VS 600 x 111	VS 650 x 98									
W 610 x 125,0	W 24 x 84	1508 x 126,6	1508 x 134,0	1508 x 141,5	1508 x 148,9	VS 600 x 125										
W 610 x 140,0	W 24 x 94	1508 x 141,5	1508 x 148,9			VS 650 x 114										
W 610 x 155,0	W 24 x 104					VS 600 x 140	VS 650 x 128									
W 610 x 174,0	W 24 x 117					VS 600 x 152	VS 650 x 143	VS 650 x 155								

* Perfis que ainda são produzidos no Brasil

Atenção:

- Equivalência baseada em propriedades geométricas semelhantes e massa linear aproximada;
- Esta tabela é para simples consulta. A efetiva substituição de perfis em projetos exige a revisão completa dos cálculos por profissional qualificado.

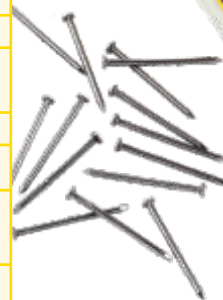
PERFIS GERDAU AÇOMINAS		PERFIS ELETRO-SOLDADOS		PERFIS LAMINADOS EUROPEUS				ABAS INCLINADAS PADRÃO EUROPEU			
ASTM A6/A6M		NBR 15279		DIN 1025-5 / EN 19-57				DIN 1025-1			
mm x kg/m	pol. x lb/ft	mm x kg/m		mm x kg/m				mm x kg/m			
W 150 x 13,0	W 6 x 8,5	CE 100 x 11	VE 150 x 13	IPE 160 A (12,7)				IPN 80 (5,9)	IPN 100 (8,3)	IPN 120 (11,1)	IPN 140 (14,3)
W 150 x 18,0	W 6 x 12	VE 150 x 18		IPE 160 (15,8)	IPE 160 A (12,7)	IPE 180 A (15,4)		IPN 160 (17,9)			
W 150 x 22,5	W 6 x 15	CE 150 x 20		HE 140 A (24,7)	IPE 160 (15,8)						
W 150 x 24,0	W 6 x 16			IPE 180 (18,8)	HE 140 A (24,7)						
W 150 x 29,8	W 6 x 20	CE 150 x 26		HE 140 B (33,7)	IPE 180 (18,8)	IPE 180 R (22,1)	HE 160 A (30,4)				
W 150 x 37,1	W 6 x 25			HE 140 B (33,7)	HE 140 B (33,7)						
W 200 x 15,0	W 8 x 10			IPE 160 R (17,7)	HE 140 B (33,7)	IPE 180 (18,8)		IPN 160 (17,9)			
W 200 x 19,3	W 8 x 13	VE 200 x 16		IPE 180 O (21,3)	IPE 160 R (17,7)	IPE 200 A (18,4)		IPN 180 (21,9)			
W 200 x 22,5	W 8 x 15	CVE 200 x 22		IPE 200 (22,4)	IPE 180 O (21,3)						
W 200 x 26,6	W 8 x 18	CE 200 x 22	VE 200 x 25	CVE 200 x 28	IPE 200 O (25,1)	IPE 200 (22,4)	IPE 220 A (22,2)	IPE 220 (26,2)			
W 200 x 31,3	W 8 x 21	CE 200 x 29			IPE 220 O (29,4)	IPE 200 O (25,1)			IPN 200 (26,2)		
W 200 x 35,9	W 8 x 24	CE 200 x 34			HE 160 B (42,6)	IPE 220 O (29,4)			IPN 220 (31,1)		
W 200 x 41,7	W 8 x 28	CE 200 x 39			HE 200 A (42,3)	HE 160 B (42,6)					
W 200 x 46,1	W 8 x 31				HE 180 B (51,2)	HE 200 A (42,3)					
W 200 x 52,0	W 8 x 35				HE 200 A (42,3)	HE 180 B (51,2)					
HP 200 x 53,0	HP 8 x 36				HE 200 A (42,3)	HE 200 A (42,3)					
W 200 x 59,0	W 8 x 40				HE 200 B (61,3)	HE 200 A (42,3)					
W 200 x 71,0	W 8 x 48				HE 220 B (71,5)	HE 200 B (61,3)					
W 200 x 86,0	W 8 x 58				HE 220 B (71,5)	HE 220 B (71,5)					
W 250 x 17,9	W 10 x 12	VE 250 x 18	VE 200 x 25		IPE 200 A (18,4)	HE 220 B (71,5)	IPE 200 O (25,1)	IPE 220 A (22,2)	IPN 180 (21,9)	IPN 200 (26,2)	
W 250 x 22,3	W 10 x 15	VE 200 x 25			IPE 200 R (26,6)	IPE 200 A (18,4)	IPE 220 (26,2)		IPN 200 (26,2)		
W 250 x 25,3	W 10 x 17				IPE 200 R (26,6)	IPE 200 R (26,6)	IPE 220 O (29,4)	IPE 220 R (31,6)	IPE 240 A (26,2)	IPN 220 (31,1)	
W 250 x 28,4	W 10 x 19	VE 250 x 27			IPE 220 O (29,4)	IPE 200 R (26,6)	IPE 240 (30,7)		IPN 200 (26,2)		
W 250 x 32,7	W 10 x 22	CVE 250 x 31			IPE 240 O (34,3)	IPE 220 O (29,4)	IPE 270 A (30,7)		IPN 220 (31,1)		
W 250 x 38,5	W 10 x 26	CVE 250 x 38			IPE 270 (36,1)	IPE 240 O (34,3)			IPN 240 (36,2)		
W 250 x 44,8	W 10 x 30	CE 250 x 43			IPE 270 O (42,3)	IPE 270 (36,1)			IPN 260 (41,8)		
HP 250 x 62,0	HP 10 x 42	CE 250 x 49	CE 250 x 63		HE 220 B (71,5)	IPE 270 O (42,3)					
W 250 x 73,0	W 10 x 49				HE 240 B (83,2)	HE 220 B (71,5)					
W 250 x 80,0	W 10 x 54				HE 240 B (83,2)	HE 240 B (83,2)					
HP 250 x 85,0	HP 10 x 57				HE 280 A (76,4)	HE 240 B (83,2)					
W 250 x 89,0	W 10 x 60				HE 260 B (93,0)	HE 280 A (76,4)					
W 250 x 101,0	W 10 x 68				HE 260 B (93,0)	HE 260 B (93,0)					
W 250 x 115,0	W 10 x 77				HE 280 B (104,2)	HE 260 B (93,0)					
W 310 x 21,0	W 12 x 14	VE 250 x 27			IPE 220 R (31,6)	HE 280 B (104,2)					
W 310 x 23,8	W 12 x 16	VE 250 x 27			IPE 240 (30,7)	IPE 220 R (31,6)			IPN 240 (36,2)		
W 310 x 28,3	W 12 x 19	VE 300 x 26			IPE 240 O (34,3)	IPE 240 (30,7)	IPE 270 A (30,7)		IPN 240 (36,2)		
W 310 x 32,7	W 12 x 22	VE 300 x 33			IPE 240 O (34,3)	IPE 240 O (34,3)	IPE 270 (36,1)		IPN 260 (41,8)		
W 310 x 38,7	W 12 x 26				IPE 270 O (42,3)	IPE 240 O (34,3)	IPE 300 (42,2)	IPE 300 A (36,5)	IPN 260 (41,8)	IPN 280 (47,9)	
W 310 x 44,5	W 12 x 30	CVE 300 x 47			IPE 300 O (49,3)	IPE 270 O (42,3)			IPN 280 (47,9)	IPN 300 (54,2)	
W 310 x 52,0	W 12 x 35	CE 300 x 52			IPE 300 R (51,7)	IPE 300 O (49,3)			IPN 300 (54,2)		
HP 310 x 79,0	HP 12 x 53	CE 300 x 62	CE 300 x 76		HE 240 B (83,2)	IPE 300 R (51,7)	HE 280 A (76,4)				
W 310 x 93,0	HP 12 x 63				HE 260 B (93,0)	HE 240 B (83,2)	HE 300 A (88,3)				
W 310 x 97,0	W 12 x 65				HE 280 B (104,2)	HE 260 B (93,0)					
W 310 x 107,0	W 12 x 72				HE 320 A (97,6)	HE 280 B (104,2)					
HP 310 x 110,0	HP 12 x 74					HE 320 A (97,6)					
W 310 x 117,0	W 12 x 79				HE 300 B (117,0)						
HP 310 x 125,0	HP 12 x 84					HE 300 B (117,0)					
W 360 x 32,9	W 14 x 22	VE 300 x 33			IPE 270 R (44,0)		IPE 300 (42,2)		IPN 280 (47,9)		
W 360 x 39,0	W 14 x 26	VE 350 x 35			IPE 300 O (49,3)	IPE 270 R (44,0)	IPE 330 A (43,0)	IPE 330 (49,1)	IPN 280 (47,9)	IPN 300 (54,2)	
W 360 x 44,0	W 14 x 30	VE 350 x 43			IPE 300 O (49,3)	IPE 300 O (49,3)	IPE 330 A (43,0)	IPE 330 (49,1)	IPN 280 (47,9)	IPN 300 (54,2)	
W 360 x 51,0	W 14 x 34				IPE 300 R (51,7)	IPE 300 O (49,3)	IPE 330 R (60,3)	IPE 360 A (50,2)	IPN 300 (54,2)	IPN 320 (61,0)	
W 360 x 57,8	W 14 x 38				IPE 360 (57,1)	IPE 300 R (51,7)			IPN 320 (61,0)	IPN 340 (68,1)	
W 360 x 64,0	W 14 x 43				IPE 360 O (66,0)	IPE 360 (57,1)			IPN 340 (68,1)		
W 360 x 72,0	W 14 x 48				IPE 360 R (70,3)	IPE 360 O (66,0)			IPN 360 (76,1)		
W 360 x 79,0	W 14 x 53					IPE 360 R (70,3)					
W 360 x 91,0	W 14 x 61				HE 320 A (97,6)				IPN 380 (84,0)		
W 360 x 101,0	W 14 x 68				HE 340 A (104,8)	HE 320 A (97,6)					
W 360 x 110,0	W 14 x 74				HE 320 B (126,7)	HE 340 A (104,8)					
W 360 x 122,0	W 14 x 82				HE 340 B (134,2)	HE 320 B (126,7)					
W 410 x 38,8	W 16 x 26	VE 350 x 43			IPE 330 O (57,0)	HE 340 B (134,2)	IPE 360 A (50,2)				
W 410 x 46,1	W 16 x 31	VE 400 x 44			IPE 330 O (57,0)	IPE 330 O (57,0)	IPE 360 A (50,2)	IPE 360 (57,1)			
W 410 x 53,0	W 16 x 36	VE 400 x 49			IPE 330 O (57,0)	IPE 330 O (57,0)	IPE 360 (57,1)	IPE 360 O (66,0)	IPN 340 (68,1)	IPN 360 (76,1)	
W 410 x 60,0	W 16 x 40				IPE 360 O (66,0)	IPE 330 O (57,0)	IPE 400 A (57,4)	IPE 400 (66,3)	IPN 340 (68,1)	IPN 360 (76,1)	
W 410 x 67,0	W 16 x 45				IPE 360 R (70,3)	IPE 360 O (66,0)			IPN 340 (68,1)	IPN 360 (76,1)	
W 410 x 75,0	W 16 x 50				IPE 400 O (75,7)	IPE 360 R (70,3)			IPN 360 (76,1)	IPN 380 (84,0)	
W 410 x 85,0	W 16 x 57					IPE 400 O (75,7)			IPN 400 (92,6)		
W 460 x 52,0	W 18 x 35	VE 450 x 51			IPE 400 A (57,4)						
W 460 x 60,0	W 18 x 40	VE 450 x 59				IPE 400 A (57,4)					
W 460 x 68,0	W 18 x 46				IPE 400 O (75,7)		IPE 450 A (67,2)		IPN 400 (92,6)		
W 460 x 74,0	W 18 x 50				IPE 400 O (75,7)	IPE 400 O (75,7)	IPE 450 (77,6)		IPN 400 (92,6)		
W 460 x 82,0	W 18 x 55				IPE 450 (77,6)	IPE 400 O (75,7)			IPN 400 (92,6)	IPN 425 (103,6)	
W 460 x 89,0	W 18 x 60				IPE 450 O (92,4)	IPE 450 (77,6)			IPN 400 (92,6)	IPN 425 (103,6)	
W 460 x 97,0	W 18 x 65				IPE 450 R (95,2)	IPE 450 O (92,4)				IPN 425 (103,6)	
W 460 x 106,0	W 18 x 71					IPE 450 R (95,2)			IPN 450 (115,4)		
W 530 x 66,0	W 21 x 44	VE 500 x 61	VE 500 x 68		IPE 450 A (67,2)						
W 530 x 72,0	W 21 x 48				IPE 450 (77,6)	IPE 450 A (67,2)			IPN 425 (103,6)		
W 530 x 74,0	W 21 x 50	VE 500 x 73			IPE 450 (77,6)	IPE 450 (77,6)			IPN 425 (103,6)		
W 530 x 82,0	W 21 x 55	VE 500 x 79			IPE 450 O (92,4)	IPE 450 (77,6)	IPE 500 A (79,4)		IPN 450 (115,4)		
W 530 x 85,0	W 21 x 57				IPE 450 O (92,4)	IPE 450 O (92,4)	IPE 500 (90,7)		IPN 450 (115,4)		
W 530 x 92,0	W 21 x 62				IPE 450 O (92,4)	IPE 450 O (92,4)	IPE 550 A (92,1)		IPN 450 (115,4)		
W 530 x 101,0	W 21 x 68				IPE 500 R (111,4)	IPE 450 O (92,4)			IPN 475 (128,0)		
W 530 x 109,0	W 21 x 73				IPE 550 (105,5)	IPE 500 R (111,4)			IPN 475 (128,0)		
W 610 x 101,0	W 24 x 68				IPE 550 (105,5)	IPE 550 (105,5)	IPE 550 O (122,5)	IPE 500 O (107,3)	IPN 500 (140,5)		
W 610 x 113,0	W 24 x 76				IPE 550 O (122,5)	IPE 550 (105,5)	IPE 600 A (107,6)		IPN 500 (140,5)		
W 610 x 125,0	W 24 x 84				IPE 550 R (133,7)	IPE 550 O (122,5)			IPN 550 (166,4)		
W 610 x 140,0	W 24 x 94				IPE 600 R (144,4)	IPE 550 R (133,7)			IPN 550 (166,4)		
W 610 x 155,0	W 24 x 104				IPE 600 O (154,5)	IPE 600 R (144,4)			IPN 550 (166,4)		
W 610 x 174,0	W 24 x 117					IPE 600 O (154,5)			IPN 600 (199,4)		

Pregos

Prego com Cabeça

* Bitolas também na opção galvanizada

Tamanho		Quant. aprox. de pregos por quilo	Utilização	Tamanho		Quant. aprox. de pregos por quilo	Utilização
JP x LPP	POL. x BWG			JP x LPP	POL. x BWG		
6 x 6	1/2" x 19	9310	Marcenaria e mobiliário	*18 x 27	*2.1/2" x 10	198	Caixa/fôrmas para concreto; escoramentos; caibros e alinhamento
6 x 7	5/8" x 19	7606		*18 x 30	*2.3/4" x 10	187	Escoramentos; caibros e alinhamentos
7 x 9	3/4" x 18	5050		18 x 33	3" x 10	171	
8 x 7	5/8" x 18	5718		*18 x 36	*3.1/4" x 10	155	Escoramentos e escadas
8 x 8	—	4938		19 x 15	1.1/4" x 9	290	
8 x 10	7/8" x 18	4286		19 x 27	2.1/2" x 9	155	Caixas/fôrmas para concreto
10 x 7	1" x 18	4292	Móveis; fundo de armário	19 x 30	2.3/4" x 9	143	Caibros; escoramentos; esacadas e fechamento de fôrmas
10 x 9	3/4" x 17	3378	Embalagens; marcenaria e acabamentos	19 x 33	3" x 9	136	
10 x 10	7/8" x 17	3250		*19 x 36	*3.1/4" x 9	121	
10 x 11	1" x 17	2786		*19 x 39	*3.1/2" x 9	109	Portal; escoramentos; esacadas e fechamento de fôrmas
10 x 12	1.1/6" x 17	2570		19 x 42	3.3/4" x 9	102	
11 x 11	1" x 16	2466		—	3" x 8	108	Caibros
11 x 12	1.1/16" x 16	2236		—	3.1/2" x 8	93	
*12 x 12	—	1632	Caixarias para frutas e verduras	20 x 30	2.3/4" x 7	106	Caibros; escoramentos; escadas e fechamento de fôrmas
12 x 14	—	1441		20 x 33	3" x 7	98	Escoramento; escadas e fechamento de fôrmas
12 x 15	—	1320		20 x 36	3.1/4" x 7	89	
13 x 11	1" x 15	1456		20 x 39	3.1/2" x 7	85	
*13 x 15	1.1/4" x 15	1062		*20 x 42	*3.3/4" x 7	77	
13 x 18	1.1/2" x 15	922		20 x 48	4.1/4" x 7	67	
13 x 21	2" x 15	815		21 x 33	3" x 6	77	
14 x 11	1" x 14	1172		21 x 36	3.1/4" x 6	73	
14 x 15	1.1/4" x 14	814		21 x 45	4" x 6	59	
*14 x 18	1.1/2" x 14	708		21 x 48	4.1/4" x 6	54	
14 x 21	2" x 14	610		21 x 54	5" x 6	49	
14 x 24	2.1/4" x 14	566		*22 x 42	*3.3/4" x 5	49	Portal
14 x 27	2.1/2" x 14	490		22 x 45	4" x 5	46	
*15 x 15	1.1/4" x 13	672	Ripas; telhados e caixarias para frutas e verduras	*22 x 48	*4.1/4" x 5	48	
*15 x 18	1.1/2" x 13	582		22 x 54	5" x 5	38	Marco de portas e vigamento de telhados
*15 x 21	2" x 13	477		23 x 45	4" x 4	40	
15 x 27	2.1/2" x 13	382	Lambris e carpintaria	23 x 54	5" x 4	33	Mata-burros
*16 x 18	1.1/2" x 12	476		23 x 60	5.1/2" x 4	29	Marco de portas e vigamento de telhados
*16 x 21	2" x 12	393	Lambris e móveis	23 x 66	6" x 4	26	
*16 x 24	2.1/4" x 12	354		24 x 60	5.1/2" x 3	25	Mata-burros e garimpos
16 x 27	2.1/2" x 12	312	Lambris e caixa/fôrmas para concreto	24 x 66	6" x 3	23	Marco de portas e vigamento de telhados
*17 x 21	2" x 11	291	Escoramentos; caibros e caixas/fôrmas para concreto	25 x 72	6.1/2" x 2	18	Mata-burros e garimpos
17 x 24	2.1/4" x 11	266		26 x 72	6.1/2" x 1	17	
*17 x 27	2.1/2" x 11	242	Escoramentos e caibros	26 x 78	7" x 1	16	Pontes; mata-burros e porteiros
17 x 30	2.3/4" x 11	210		26 x 84	7.1/2" x 1	14	
18 x 11	1" x 10	495	Caibros de alinhamentos				
18 x 21	2" x 10	264	Escoramentos; caibros de alinhamento				
*18 x 24	2.1/4" x 10	230	Assoalho de carrocerias; caixas/fôrmas para concreto; escoramentos e caibros				



Prego Qualidade Marcenaria

* Bitolas também na opção galvanizada

Tamanho		Quant. aprox. de pregos por quilo	Tamanho		Quant. aprox. de pregos por quilo
JP x LPP	POL. x BWG		JP x LPP	POL. x BWG	
COM CABEÇA					
6 x 6	1/2" x 19	9310	10 x 9	3/4" x 17	3378
6 x 7	5/8" x 19	7606	10 x 10	7/8" x 17	3250
7 x 9	3/4" x 18	5050	10 x 11	1" x 17	2786
8 x 7	5/8" x 18	5718	10 x 12	1.1/6" x 17	2570
8 x 8	—	4938	11 x 11	1" x 16	2466
8 x 10	7/8" x 18	4286	11 x 12	1.1/6" x 16	2236
10 x 7	1" 18	4292			

SEM CABEÇA					
6 x 6	1/2" x 19	9776	14 x 15	1.1/4" x 14	814
6 x 7	5/8" x 19	8333	14 x 18	1.1/2" x 14	725
7 x 9	3/4" x 18	5263	14 x 21	2" x 14	623
8 x 7	5/8" x 18	6004	*15 x 15	*1.1/4" x 13	690
8 x 8	—	4938	15 x 18	1.1/2" x 13	611
8 x 12	1.1/6" x 18	3390	*15 x 21	*2" x 13	513
9 x 12	—	3077	16 x 18	1.1/2" x 12	486
10 x 9	3/4" x 17	3547	16 x 21	2" x 12	397
10 x 10	7/8" x 17	2941	*16 x 24	*2.1/4" x 12	345
10 x 11	1" x 17	2776	16 x 27	2.1/2" x 12	332
11 x 11	1" x 16	2589	*17 x 21	*2" x 11	314
11 x 15	1.1/4" x 16	1739	*17 x 27	*2.1/2" x 11	242
*12 x 12	—	1613	18 x 24	2.1/4" x 10	237
13 x 11	1" x 15	1529	*18 x 27	*2.1/2" x 10	208
13 x 18	1.1/2" x 15	952	19 x 36	3.1/4" x 9	127
13 x 21	2" x 15	815	19 x 39	3.1/2" x 9	109



Prego Telheiro

Galvanizado com borracha de vedação para telha metálica e fibrocimento

Medidas		Quant. aprox. de pregos por quilo
JP x LPP	Pol. Ingl. x BWG	
*18 x 21	2" x 10	130
18 x 27	2.1/2" x 10	106
18 x 30	2.3/4" x 10	100
18 x 36	3.1/4" x 10	92

*Apropriados para telhas metálicas.



Prego Ardox

* Bitolas também na opção galvanizada

Medidas		Medidas	
JP x LPP	POL. x BWG	JP x LPP	POL. x BWG
COM CABEÇA		COM CABEÇA	
12 x 12	—	17 x 27	2.1/2" x 11
13 x 15	1.1/4" x 15	17 x 30	2.3/4" x 11
13 x 18	1.1/2" x 15	17 x 33	3" x 11
15 x 15	1.1/4" x 13	18 x 24	2.1/4" x 10
15 x 18	1.1/2" x 13	*18 x 27	*2.1/2" x 10
15 x 21	2" x 13	*18 x 30	*2.3/4" x 10
*16 x 11	* —	19 x 36	3.1/4" x 9
16 x 18	1.1/2" x 12	19 x 39	3.1/2" x 9
16 x 21	2" x 12	SEM CABEÇA	
16 x 24	2.1/4" x 12	16 x 18	1.1/2" x 12
16 x 27	2.1/2" x 12	16 x 21	2" x 12
17 x 21	2" x 11	17 x 21	2" x 11



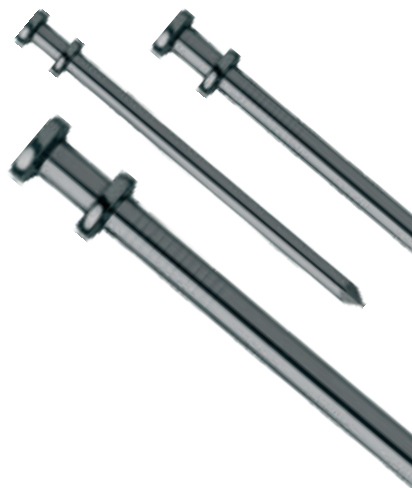
Prego Anelado

Tamanho		Tamanho	
JP x LPP	POL. x BWG	JP x LPP	POL. x BWG
12 x 11	—	16 x 21	2" x 12
12 x 12	—	16 x 24	2.1/4" x 12
13 x 15	1.1/4" x 15	17 x 21	2" x 11
13 x 18	1.1/2" x 15	17 x 27	2.1/2" x 11
15 x 15	—	18 x 27	2.1/2" x 10
15 x 18	1.1/2" x 13	18 x 30	2.3/4" x 10
15 x 21	2" x 13	18 x 36	3.1/4" x 10



Prego Cabeça Dupla

Medidas		Quant. aprox. de pregos por quilo
JP x LPP	Pol. Ingl. x BWG	
17 x 27	2.1/2" x 11	206
18 x 27	2.1/2" x 10	170
18 x 30	2.3/4" x 10	153



Prego para Taco

Medidas		Quant. aprox. de pregos por quilo
JP x LPP	Pol. Ingl. x BWG	
15 x 10	7/8" x 13	932



Prego Quadrado Galvanizado

Medidas		Quant. aprox. de pregos por quilo
Tipo	Dimensões	
Caverna	6,12 x 130	25
Forro	6,12 x 94	35
Galeota	4,00 x 68	110
1/2 Caverna	4,96 x 105	46
1/2 Forro	4,38 x 79	80
1/2 Galeota	3,40 x 57	168



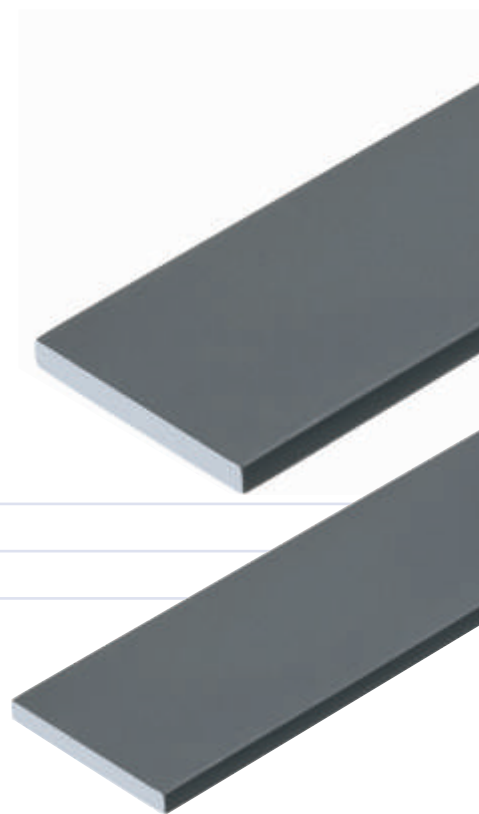
[AÇO PARA INDÚSTRIA]

Barras e Perfis

Barras Laminadas

Barra Chata

Tamanho nominal		Peso aprox. kg/m	Tamanho nominal		Peso aprox. kg/m
pol.	mm		pol.	mm	
—	12,70 x 2,50	0,25	1.1/2" x 3/8"	38,10 x 9,53	2,85
—	15,88 x	0,31	2" x	50,80 x	3,80
3/8" x 1/8"	9,53 x 3,18	0,24	2.1/2" x	63,50 x	4,75
1/2" x	12,70 x	0,32	3" x	76,20 x	5,70
5/8" x	15,88 x	0,40	4" x	101,60 x	7,60
3/4" x	19,05 x	0,48	4.3/4" x	114,30 x	9,03
7/8" x	22,23 x	0,55	6" x	152,40 x	11,40
1" x	25,40 x	0,63	1.1/2" x 3/8"	38,10 x 12,70	3,80
1.1/4" x	31,75 x	0,79	7/8" x 1/2"	22,23 x 12,70	2,22
1.1/2" x	38,10 x	0,95	1" x	25,40 x	2,53
2" x	50,80 x	1,27	1.1/4" x	31,75 x	3,17
1/2" x 3/16"	12,70 x 4,76	0,47	2" x	50,80 x	5,06
5/8" x	15,88 x	0,59	2.1/2" x	63,50 x	6,33
3/4" x	19,05 x	0,71	3" x	76,20 x	7,60
7/8" x	22,23 x	0,83	4" x	101,60 x	10,13
1" x	25,40 x	0,95	4.1/2" x	114,30 x	11,40
1.1/4" x	31,75 x	1,19	6" x	152,40 x	15,19
1.1/2" x	38,10 x	1,42	1.1/2" x 5/8"	38,10 x 15,88	4,75
2" x	50,80 x	1,90	1.3/4" x	44,45 x	5,54
1/2" x 1/4"	12,70 x 6,35	0,63	2" x	50,80 x	6,33
5/8" x	15,88 x	0,79	2.1/2" x	63,50 x	7,92
3/4" x	19,05 x	0,95	3" x	76,20 x	9,50
7/8" x	22,23 x	1,11	3.1/2" x	88,90 x	11,08
1" x	25,40 x	1,27	4" x	101,60 x	12,67
1.1/4" x	31,75 x	1,58	6" x	152,40 x	19,00
1.1/2" x	38,10 x	1,90	3.1/2" 11/16"	88,90 x 17,46	12,18
2" x	50,80 x	2,53	2" x 3/4"	50,80 x 19,05	7,60
2.1/2" x	63,50 x	3,17	2.1/2" x	63,50 x	9,50
3" x	76,20 x	3,80	3" x	76,20 x	11,40
4" x	101,60 x	5,06	3.1/2" x	88,90 x	13,29
5" x	127,00 x	6,33	4" x	101,60 x	15,19
6" x	152,40 x	7,60	6" x	152,40 x	22,79
1" x 5/16"	25,40 x 7,94	1,58	2" x 1"	50,80 x 25,40	10,13
1.1/4" x 3/4"	31,75 x	1,98	3" x	76,20 x	15,19
1.1/2" x	38,10 x	2,37	3.1/2" x	88,90 x	17,73
2" x	50,80 x	3,17	4" x	101,60 x	20,26
2.1/2" x	63,50 x	3,96	5" x	127,00 x	25,32
3" x	76,20 x	4,75	6" x	152,40 x	30,39
4" x	101,60 x	6,33	4" x 1.1/4"	101,60 x 31,75	25,32
5" x	127,00 x	7,92	4" x 1.1/2"	101,60 x 38,10	30,39
6" x	152,40 x	9,50	4.1/4" x	107,95 x	32,29
1" x 3/8"	25,40 x 9,53	1,90	3" x 2"	76,20 x 50,80	30,39
1.1/4" x	31,75 x	2,38			

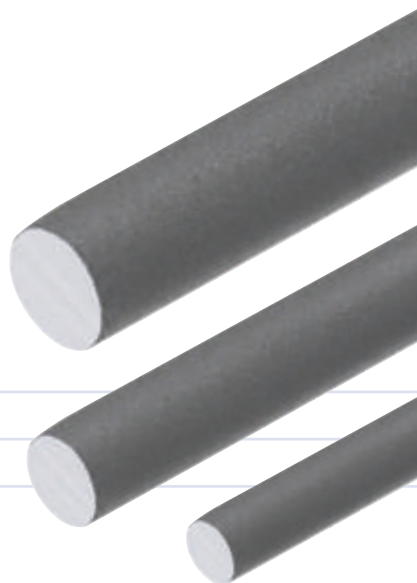


- Barras de 6m.

- Normalmente fornecida de acordo com a Norma ASTM A 36. Sob consulta, pode também ser fornecida segundo as Normas ASTM A 572, ASTM A 588 (resistente à corrosão atmosférica), SAE 5160 (aço para mola), SAE 1045 ou SAE 1020.

Barra Redonda

Bitolas (d)		Peso Linear
pol.	mm	Kg/m
1/4"	6,35	0,25
5/16"	7,94	0,39
3/8"	9,53	0,56
1/2"	12,70	0,99
9/16"	14,29	1,26
5/8"	15,88	1,56
11/16"	17,46	1,88
3/4"	19,05	2,24
13/16"	20,64	2,63
7/8"	22,23	3,05
15/16"	23,81	3,49
1"	25,40	3,98
1.1/16"	26,99	4,49
1.1/8"	28,58	5,04
1.3/16"	30,16	5,68
1.1/4"	31,75	6,22
1.5/16"	33,34	6,85
1.3/8"	34,93	7,52
1.7/16"	36,51	8,22
1.1/2"	38,10	8,95
1.9/16"	39,69	9,71
1.5/8"	41,28	10,50
1.11/16"	42,86	11,31
1.3/4"	44,45	12,18
1.13/16"	46,40	13,06
1.7/8"	47,63	13,98
2"	50,80	15,91
2.1/16"	52,39	16,92
2.1/8"	53,98	17,96
2.1/4"	57,15	20,14
2.5/16"	58,74	21,27
2.3/8"	60,33	22,43
2.7/16"	61,91	23,63
2.1/2"	63,50	24,86
2.9/16"	65,08	26,11
2.5/8"	66,68	27,40
2.3/4"	69,85	30,08
2.13/16"	71,44	31,45
2.7/8"	73,03	32,87
3"	76,20	35,79
3.1/8"	79,38	38,84
3.1/4"	82,55	42,01
3.1/2"	88,90	48,73
3.3/4"	95,35	55,94
4"	101,60	63,64
4.1/16"	103,19	65,65

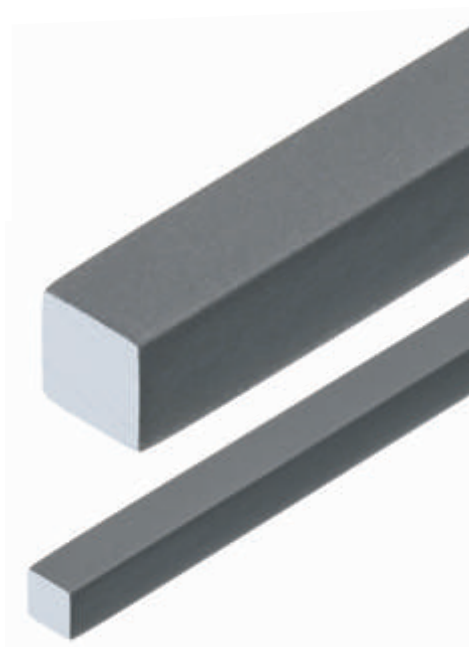


- Barras de 6m.
- Normalmente fornecida de acordo com a Norma ASTM A 36. Sob consulta, também poderá ser fornecida de acordo com as Normas ASTM A 572, ASTM A 588 (resistente a corrosão atmosférica), SAE 1020 ou SAE 1045.

Barra Quadrada

Bitolas		Peso linear aproximado
polegada	mm	kg/m
1/4"	6,35	0,31
5/16"	7,94	0,50
3/8"	9,53	0,71
1/2"	12,70	1,27
5/8"	15,88	1,98
3/4"	19,05	2,85
7/8"	22,23	3,88
1"	25,40	5,06
1.1/8"	28,58	6,41
1.1/4"	31,75	7,91
1.1/2"	38,10	11,15
1.3/4"	44,45	15,19
2"	50,80	20,26

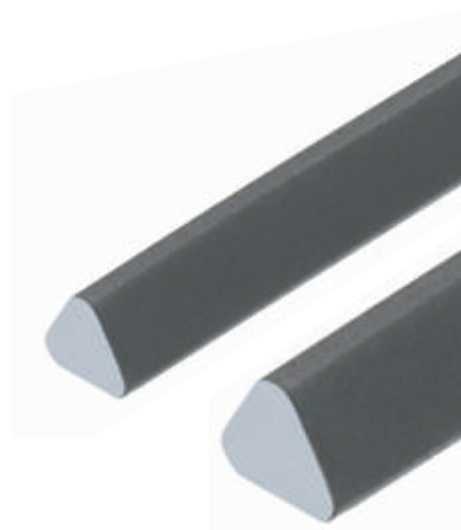
- Barras de 6m.
- Fornecida de acordo com a Norma ASTM A 36. Sob consulta, também pode ser fornecida nas qualidades SAE 1020 ou SAE 1045.



Tribar

Diâmetro		Peso aproximado
polegada	mm	kg/m
3/8"	10,00	0,51

- Barras de 6m.
- Aço de baixo teor de carbono (1006 a 1015).



Perfis Laminados

Cantoneira (pol.)

b _f		Área	t _f		J _x =J _y	W _x =W _y	r _x =r _y	rz.min.	χ	Peso
pol.	mm	cm ²	pol.	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	kg/m
5/8"	15,880			0,250						0,57
3/4"	19,050			0,250						0,71
1/2"	12,700	0,70	1/8"	0,317	0,10	0,11	0,37	0,25	0,43	0,55
5/8"	15,880	0,90	1/8"	0,317	0,20	0,19	0,47	0,32	0,51	0,71
3/4"	19,050	1,11	1/8"	0,317	0,36	0,27	0,57	0,38	0,59	0,87
7/8"	22,200	1,32	1/8"	0,317	0,58	0,38	0,66	0,46	0,66	1,04
1"	25,400	1,48	1/8"	0,317	0,83	0,49	0,79	0,48	0,76	1,19
		2,19	3/16"	0,476	1,25	0,66	0,76	0,48	0,81	1,73
		2,84	1/4"	0,635	1,66	0,98	0,76	0,48	0,86	2,22
1.1/4"	31,750	1,93	1/8"	0,317	1,67	0,82	0,97	0,64	0,89	1,50
		2,77	3/16"	0,476	2,50	1,15	0,97	0,61	0,97	2,20
		3,62	1/4"	0,635	3,33	1,47	0,94	0,61	1,02	2,86
1.1/2"	38,100	2,32	1/8"	0,317	3,33	1,15	1,17	0,76	1,07	1,83
		3,42	3/16"	0,476	4,58	1,64	1,17	0,74	1,12	2,68
		4,45	1/4"	0,635	5,83	2,13	1,15	0,74	1,19	3,48
1.3/4"	44,450	2,71	1/8"	0,317	5,41	1,64	1,40	0,89	1,22	2,14
		4,00	3/16"	0,476	7,50	2,30	1,37	0,89	1,30	3,15
		5,22	1/4"	0,635	9,57	3,13	1,35	0,86	1,35	4,12
2"	50,800	3,10	1/8"	0,317	7,91	2,13	1,60	1,02	1,40	2,46
		4,58	3/16"	0,476	11,70	3,13	1,58	1,02	1,45	3,63
		6,06	1/4"	0,635	14,60	4,10	1,55	0,99	1,50	4,74
		7,42	5/16"	0,794	17,50	4,91	1,53	0,99	1,55	5,83
		8,76	3/8"	0,952	20,00	5,73	1,50	0,99	1,63	6,99
2.1/2"	63,500	5,80	3/16"	0,476	23,00	4,91	1,98	1,24	1,75	4,57
		7,67	1/4"	0,635	29,00	6,40	1,96	1,24	1,83	6,10
		9,48	5/16"	0,794	35,00	7,87	1,93	1,24	1,88	7,44
		11,16	3/8"	0,952	41,00	9,35	1,91	1,22	1,93	8,78
3"	76,200	7,03	3/16"	0,476	40,00	7,21	2,39	1,50	2,08	5,52
		9,29	1/4"	0,635	50,00	9,50	2,36	1,50	2,13	7,29
		11,48	5/16"	0,794	62,00	11,60	2,34	1,50	2,21	9,07
		13,61	3/8"	0,952	75,00	13,60	2,31	1,47	2,26	10,71
		17,74	1/2"	1,270	91,00	18,00	2,29	1,47	2,36	14,00
3.1/2"	88,900	10,90	1/4"	0,635	83,70	13,00	2,77	1,76	2,46	8,56
		13,50	5/16"	0,794	102,00	16,00	2,75	1,75	2,52	10,59
		16,00	3/8"	0,952	121,00	19,20	2,75	1,75	2,58	12,58
4"	101,600	12,51	1/4"	0,635	125,00	16,40	3,17	2,00	2,77	9,81
		15,48	5/16"	0,794	154,00	21,30	3,15	2,00	2,84	12,19
		18,45	3/8"	0,952	183,00	24,60	3,12	2,00	2,90	14,57
		21,35	7/16"	1,111	208,00	29,50	3,12	1,98	2,95	16,80
		24,19	1/2"	1,270	233,00	32,80	3,10	1,98	3,00	19,03
5"	127,000	15,73	1/4"	0,635	251,63	27,09	4,00	2,53	3,41	12,34
		19,50	5/16"	0,794	308,00	33,40	3,97	2,53	3,47	15,31
		23,29	3/8"	0,952	362,00	39,50	3,94	2,51	3,53	18,30
		30,64	1/2"	1,270	470,00	52,50	3,91	2,49	3,63	24,10
		37,80	5/8"	1,588	566,00	64,00	3,86	2,46	3,76	29,80
		26,96	7/16"	1,111	416,68	45,71	3,93	2,50	3,58	23,52
6"	152,400	28,10	3/8"	0,952	641,00	57,40	4,78	3,02	4,17	22,20
		37,09	1/2"	1,270	828,00	75,40	4,72	3,00	4,27	29,20
		45,86	5/8"	1,588	1007,00	93,50	4,67	2,97	4,39	36,00
		54,44	3/4"	1,905	1173,00	109,90	4,65	2,97	4,52	42,70



Cantoneira (mm)

b _f	Área	t _f	J _x =J _y	W _x =W _y	r _x =r _y	rz.min.	X	Peso
mm	cm ²	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	kg/m
40,00		3,00						1,87
	30,80	4,00	4,47	1,55	1,21	0,78		2,42
		5,00						3,00
45,00		3,00						2,12
		4,00						2,77
	43,00	5,00	7,84	2,43	1,35	0,87		3,38
50,00		3,00						2,36
		4,00						3,09
	48,00	5,00	11,00	3,05	1,51	0,97		3,77
	56,90	6,00	12,80	1,50	20,40	0,97		4,47
60,00	46,40	4,00	16,31	3,75	1,88	1,19	1,65	3,64
	58,20	5,00	19,40	4,45	1,82	1,17	1,64	4,57
	69,10	6,00	22,80	5,29	1,82		1,17	5,42
65,00	50,40	4,00	20,90	4,42	2,03	1,29	1,77	3,96
	63,40	5,00	24,70	5,20	1,97	1,27	1,77	4,98
		6,00						5,91
75,00	72,70	5,00	38,70	7,06	2,31	1,48	2,02	5,71
	87,20	6,00	45,70	8,40	2,30	1,48	2,05	6,87
	101,00	7,00	52,60	9,73	2,28	1,46	2,09	7,92
	114,00	8,00	59,00	11,00	2,28	1,45	2,14	8,95
		9,00						10,03
		10,00						11,06
76,00		5,00						5,84
80,00	77,50	5,00	48,60	8,35	2,50	1,59	2,18	6,08
	92,40	6,00	57,30	9,91	2,49	1,58	2,22	7,25
	108,00	7,00	64,20	11,10	2,44	1,57	2,21	8,49
	123,00	8,00	72,30	12,60	2,42	1,55	2,26	9,66
		9,00						10,74
		10,00						11,85
		12,00						14,01
90,00	106,00	6,00	80,30	12,20	2,76	1,78	2,41	8,30
	121,00	7,00	94,80	14,60	2,80	1,78	2,51	9,50
	139,00	8,00	104,00	16,10	2,74	1,76	2,50	10,90
100,00	116,40	6,00	114,40	15,70	3,13	1,99	2,72	9,14
	137,00	7,00	128,00	17,50	3,06	1,97	2,69	10,70
	155,00	8,00	145,00	19,90	3,06	1,96	2,74	12,20
	172,00	9,00	164,30	22,90	3,09	1,97	2,83	13,50

- Barras de 6m e 12m.

- Normalmente fornecida de acordo com a Norma ASTM A 36. Sob consulta, pode também ser fornecida segundo as Normas ASTM A 572, ASTM A 588 (resistente à corrosão atmosférica), SAE 1020 ou SAE 1045.

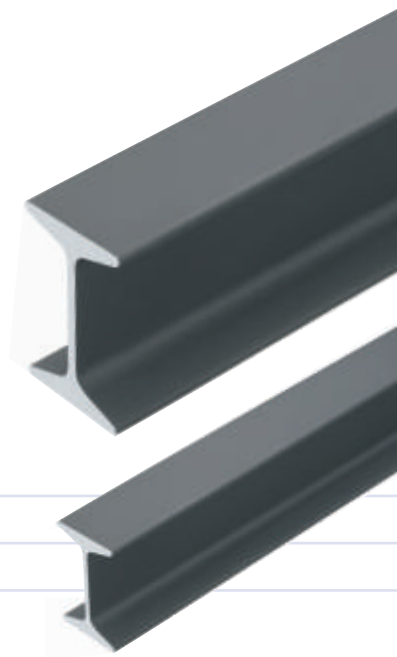


Perfil I

Dimensão		Aba		Alma	Área	Peso
		Largura	Espessura	Espessura		
pol.	mm	mm	mm	mm	mm ²	kg/m
3"	76,00	59,00	6,60	4,30	1080	8,48
				6,38		9,67
4"	102,00	68,00	7,40	4,90	1450	11,46
				6,43		12,65
	102,00	71,00	7,40	8,30	1800	14,14
5"	127,00	76,00	8,30	5,40	1880	14,88
				8,81		18,24
6"	152,00	85,00	9,10	5,90	2360	18,60
				8,71		21,96
	152,00	91,00	9,10	11,80	3270	25,67

Dimensão		Eixo X-X			Eixo Y-Y				
		J	W	r	J	W	r	rt	d Af
pol.	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm-l
3"	76,00	105,10	27,60	3,12	18,90	6,40	1,33	1,45	1,95
4"	102,00	252,00	49,70	4,17	31,70	9,40	1,48	1,68	2,02
		266,00	52,40	4,06	34,30	9,90	1,46	1,83	1,98
	102,00	283,00	55,60	3,96	37,60	10,60	1,45	1,74	1,92
5"	127,00	511,00	80,40	5,21	50,20	13,20	1,63	1,88	2,01
		570,00	89,80	4,95	58,60	14,70	1,59	1,92	1,92
6"	152,00	919,00	120,60	6,24	75,70	17,90	1,79	2,08	1,98
		1003,00	131,70	5,99	84,90	19,40	1,74	2,26	1,91
	152,00	1095,00	143,70	5,79	96,20	21,20	1,72	2,15	1,85

- Grau 50.
- Atende à Norma ASTM A 36.
- Comprimento de 6m.
- Sob consulta, pode também ser fornecida segundo à Norma ASTM A 588 (resistente à corrosão atmosférica).



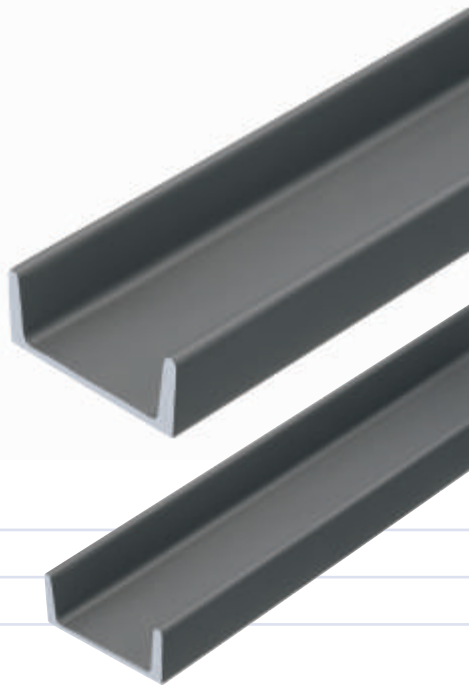
Perfil U

h		Área	b _f	t _f	t _w	Peso
pol.	cm	cm ²		cm		kg/m
3"	7,62	7,78	3,58	0,69	0,43	6,11
		9,48	3,80	0,69	0,66	7,44
4"	10,16	10,10	4,01	0,75	0,46	7,95
		11,90	4,18	0,75	0,63	9,30
6"	15,24	15,50	4,88	0,87	0,51	12,20
		19,90	5,17	0,87	0,80	15,60
8"	20,32	21,68	57,40	0,95	0,56	17,10
		25,93	59,50	0,95	0,77	20,50
10"	25,40	29,00	66,04	1,11	0,61	22,77
		37,90	69,57	1,11	0,96	29,76

h		Eixo X-X			Eixo Y-Y			
pol.	cm	J	W	r	J	W	r	X
		cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
3"	7,62	68,90	18,10	2,98	8,20	3,32	1,03	1,11
		77,20	20,30	2,85	10,30	3,82	1,04	1,11
4"	10,16	159,50	31,40	3,97	13,10	4,61	1,14	1,16
		174,40	34,30	3,84	15,50	5,10	1,14	1,15
		190,60	37,50	3,73	18,00	5,61	1,15	1,17
6"	15,24	546,00	71,70	5,94	28,80	8,16	1,36	1,30
		632,00	82,90	5,63	36,00	9,24	1,34	1,27
		724,00	95,00	5,42	43,90	10,50	1,33	1,31
8"	20,32	1344,30	132,70	7,87	54,10	12,94	1,42	1,47
		1490,00	147,50	7,59	62,40	14,09	1,42	1,42
10"	25,40	2800,00	221,00	9,84	95,00	19,00	1,81	1,61
		3290,00	259,00	9,31	117,00	21,60	1,76	1,54

- Barras de 6m.
- Atende à Norma ASTM A 36.
- Sob consulta, pode também ser fornecida segundo à Norma ASTM A 588 (resistente à corrosão atmosférica).

Informações de livros de estrutura metálica.



Perfil T

Bitola	Altura (h)	Espessura (e)	Área	Peso
pol.	mm	mm	cm ²	kg/m
5/8" x 1/8"	15,88	3,18	0,90	0,71
3/4" x SERR.	19,05	2,50	0,91	0,69
3/4" x 1/8"	19,05	3,18	1,13	0,86
7/8" x 1/8"	22,22	3,18	1,34	0,99
1" x 1/8"	25,40	3,18	1,54	1,18
1.1/4" x 1/8"	31,75	3,18	1,92	1,50
1.1/2" x 1/8"	38,10	3,18	2,32	1,82
1.1/4" x 3/16"	31,75	4,76	2,79	2,16
1.1/2" x 3/16"	38,10	4,76	3,40	2,65
2" x 3/16"	50,80	4,76	4,61	3,62
2" x 1/4"	50,80	6,35	6,05	4,74

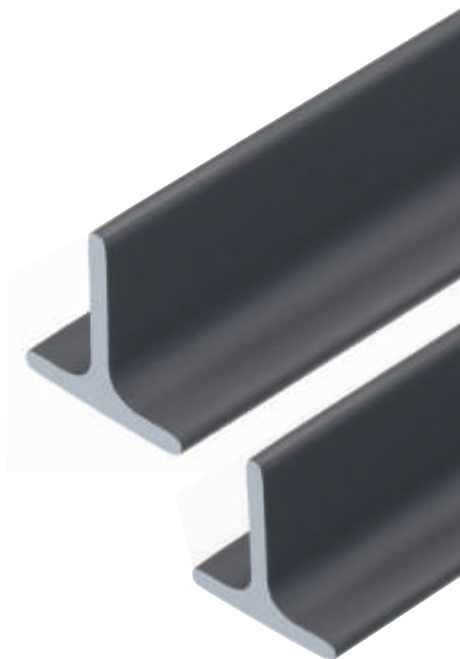
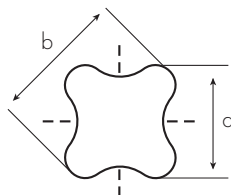
Bitola	Eixo X-X			Eixo Y-Y			
	J	W	r	J	W	r	X
pol.	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
5/8" x 1/8"	0,20	0,19	0,47	0,11	0,14	0,35	0,51
3/4" x SERR.	0,31	0,23	0,58	0,15	0,16	0,41	0,57
3/4" x 1/8"	0,36	0,27	0,57	0,19	0,20	0,41	0,59
7/8" x 1/8"	0,59	0,38	0,67	0,33	0,27	0,48	0,67
1" x 1/8"	0,90	0,50	0,77	0,44	0,35	0,54	0,75
1.1/4" x 1/8"	1,84	0,81	0,98	0,86	0,54	0,67	0,91
1.1/2" x 1/8"	3,24	1,18	1,18	1,47	0,77	0,80	1,07
1.1/4" x 3/16"	2,56	1,16	0,96	1,29	0,82	0,68	0,97
1.1/2" x 3/16"	4,56	1,70	1,16	2,22	1,17	0,81	1,13
2" x 3/16"	11,33	3,12	1,57	5,24	2,06	1,07	1,45
2" x 1/4"	14,47	4,04	1,55	7,03	2,77	1,08	1,50

- Barras de 6m.
- Aço de baixo teor de carbono (1006 a 1015).
- Atende a Norma ASTM A 36.
- Sob consulta, pode também ser fornecida segundo à Norma ASTM A 588 (resistente à corrosão atmosférica).

Perfil Estrela

Bitola (mm)		Peso linear nominal (kg)	
a	b	metro	barra
12,1	15,3	0,909	5,5
10,5	13,2	0,694	4,2

- Barras de 6m.
- Aço de baixo teor de carbono (1006 a 1015).



Barras Trefiladas

Barra Quadrada Trefilada

Bitolas (a)		Peso linear aprox.
pol.	mm	kg/m
1.3/16"	4,76	0,180
1/4"	6,35	0,320
5/16"	7,94*	0,488
3/8"	9,53*	0,706
	10,00	0,790
1/2"	12,70	1,270
9/16"	14,28	1,600
5/8"	15,88	1,980
3/4"	19,05	2,850
	20,00	3,140
7/8"	22,22	3,880
1"	25,40	5,060
	29,85	6,990
1 1/4"	31,75	7,910
	38,10	11,400
	44,45	15,510
2"	50,80	20,260



- Canto vivo.
- Atende à Norma NBR 8580/89.
- Tolerância de acabamento h11.
- Barras de 5 a 7m com variação máxima de 0,30m no feixe.
- Aços SAE 1020 ou SAE 1045.
- (*) Produzidas com cantos arredondados.

Barra Redonda Trefilada

Bitolas		Tolerância	Peso linear aprox.
pol.	mm	mm	kg/m
5/32"	3,97	+0,00/-0,08	0,097
3/16"	4,76	+0,00/-0,08	0,140
3/16"	5,00	+0,00/-0,08	0,154
—	5,50	+0,00/-0,08	0,187
—	6,00	+0,00/-0,08	0,222
1/4"	6,35	+0,00/-0,09	0,249
—	6,90	+0,00/-0,09	0,294
—	7,00	+0,00/-0,09	0,302
5/16"	7,94	+0,00/-0,09	0,389
—	8,00	+0,00/-0,09	0,395
—	8,20	+0,00/-0,09	0,415
—	8,40	+0,00/-0,09	0,435
—	8,50	+0,00/-0,09	0,445
—	9,00	+0,00/-0,09	0,499
3/8"	9,52	+0,00/-0,09	0,559
—	9,80	+0,00/-0,09	0,592
—	10,00	+0,00/-0,09	0,617
—	10,50	+0,00/-0,11	0,680
—	11,00	+0,00/-0,11	0,746
7/16"	11,11	+0,00/-0,11	0,761
—	11,30	+0,00/-0,11	0,787
—	11,84	+0,00/-0,11	0,864
—	12,00	+0,00/-0,11	0,888
1/2"	12,70	+0,00/-0,11	0,994
—	13,30	+0,00/-0,11	1,091
—	14,00	+0,00/-0,11	1,208
9/16"	14,28	+0,00/-0,11	1,257
—	14,35	+0,00/-0,11	1,270
—	14,50	+0,00/-0,11	1,296
—	15,00	+0,00/-0,11	1,387



Bitolas		Tolerância	Peso linear aprox.
pol.	mm	mm	kg/m
5/8"	15,88	+0,00/-0,11	1,555
—	16,00	+0,00/-0,11	1,578
—	16,90	+0,00/-0,11	1,761
—	17,00	+0,00/-0,11	1,782
—	17,20	+0,00/-0,11	1,824
11/16"	17,46	+0,00/-0,11	1,880
—	17,90	+0,00/-0,11	1,975
—	18,00	+0,00/-0,11	1,998
3/4"	19,05	+0,00/-0,13	2,237
—	20,00	+0,00/-0,13	2,466
—	20,20	+0,00/-0,13	2,516
13/16"	20,63	+0,00/-0,13	2,627
—	20,94	+0,00/-0,13	2,703
—	21,00	+0,00/-0,13	2,719
—	21,05	+0,00/-0,13	2,732
—	22,00	+0,00/-0,13	2,984
7/8"	22,22	+0,00/-0,13	3,044
—	23,15	+0,00/-0,13	3,304
15/16"	23,81	+0,00/-0,13	3,495
—	25,00	+0,00/-0,13	3,853
—	25,20	+0,00/-0,13	3,915
—	25,33	+0,00/-0,13	3,946
1"	25,40	+0,00/-0,13	3,978
—	26,00	+0,00/-0,13	4,168
1.1/16"	26,99	+0,00/-0,13	4,491
—	28,00	+0,00/-0,13	4,834
1.1/8"	28,58	+0,00/-0,13	5,036
—	30,00	+0,00/-0,13	5,549
1.3/16"	30,16	+0,00/-0,16	5,608
—	30,30	+0,00/-0,16	5,660
1.1/4"	31,75	+0,00/-0,16	6,215
—	32,00	+0,00/-0,16	6,313
—	32,30	+0,00/-0,16	6,432
—	34,92	+0,00/-0,16	7,518
—	35,00	+0,00/-0,16	7,553
—	36,00	+0,00/-0,16	7,990
1.1/2"	38,10	+0,00/-0,16	8,950
—	39,00	+0,00/-0,16	9,378
—	40,00	+0,00/-0,16	9,865
—	41,28	+0,00/-0,16	10,506
1.3/4"	44,45	+0,00/-0,16	12,182
—	45,00	+0,00/-0,16	12,485
—	46,00	+0,00/-0,16	13,046
17/8"	47,62	+0,00/-0,16	13,981
—	50,00	+0,00/-0,16	15,413
2"	50,80	+0,00/-0,19	15,911
2.1/8"	53,97	+0,00/-0,19	17,965
—	55,00	+0,00/-0,19	18,650
2.1/4"	57,15	+0,00/-0,19	20,137
—	60,00	+0,00/-0,19	22,195
2.3/8"	60,32	+0,00/-0,19	22,433
2.1/2"	63,50	+0,00/-0,19	24,860
—	65,00	+0,00/-0,19	26,049
2.5/8"	66,68	+0,00/-0,19	27,413
3"	76,20	+0,00/-0,19	35,799
—	80,00	+0,00/-0,19	39,458
—	85,00	+0,00/-0,19	44,545
—	90,00	+0,00/-0,19	49,940
—	95,00	+0,00/-0,19	55,642
—	100,00	+0,00/-0,19	61,654



- Barras de 5 a 7m.
- Aços SAE 1020 ou SAE 1045.
- Atende à Norma NBR 8580/89.
- Tolerância de acabamento h11.

Barra Sextavada Trefilada

Bitolas (a)		Peso linear aprox.
pol.	mm	kg/m
1/4" *	6,35 *	0,270
5/16" *	7,94 *	0,430
3/8" *	9,53 *	0,620
7/16" *	11,11 *	0,840
1/2" *	12,70 **	1,086
9/16"	14,29 **	1,378
5/8"	15,88 **	1,704
11/16"	17,46 **	2,062
3/4"	19,05	2,470
13/16"	20,64	2,900
	21,00	3,000
7/8"	22,22	3,360
15/16"	23,81	3,850
	24,00	3,920
1"	25,40	4,390
1.1/16"	26,99	4,950
1.1/8"	28,58	5,550
1.3/16"	30,00	6,120
1.1/4"	31,75	6,850
1.5/16"	33,34	7,560
1.3/8"	34,92	8,290
1.7/16"	36,00	8,810
1.1/2"	38,10	9,870
1.5/8"	41,27	11,580
1.11/16"	42,86	12,490
1.3/4"	44,45	13,430
2"	50,80	17,540

- Barras de 5 a 7m, com variação de 0,30m máximo no feixe.
- (*) Barras de 4 a 4,1m.
- Aços SAE 1020 ou SAE 1045.
- Atende à Norma EB 1512/89.
- Tolerância de acabamento h11.
- Empenamento máximo de 2mm/m.
- (***) Estas bitolas são produzidas com cantos arredondados.



Aços Especiais

Faixas de bitolas produzidas por tipo de material (mm)

Descrição	Dimensões
Barras Laminadas Redondas	20,64 a 203,20
Barras Laminadas Quadradas	76,20 a 139,70
Fio Máquina	5,50 a 30,16
Barras Forjadas Redondas	152,40 a 508,00
Barras Forjadas Quadradas	sob consulta
Barras Trefiladas	10,00 a 40,00
Barras Descascadas	15,00 a 123,00
Barras Polidas	5,00 a 101,60
Barras Retificadas	10,00 a 100,00
Barras Torneadas	100,00 a 540,00

- Algumas qualidades de aço podem apresentar restrições de bitolas; outras seções, além das indicadas, poderão ser atendidas. Consulte nossa área comercial para eventuais esclarecimentos.



Acabamento

1. Descascado/Torneado

Produto resultante de usinagem para retirar o sobremetal, o que garante a isenção de defeitos.

2. Trefilado

Produto resultante do processo de alongamento do material, o que permite redução do diâmetro, acabamento superficial de boa qualidade e aumento das propriedades mecânicas.

3. Retificado

Produto resultante do processo de acabamento superficial do material, o que permite obtenção de tolerâncias dimensionais mais apertadas. Para materiais descascados ou trefilados.

4. Polido

Produto resultante do processo de acabamento do material, o que permite obtenção de baixa rugosidade e aspecto visual brilhante. Para materiais descascados, trefilados ou retificados.

Tratamento térmico

1. Normalizado

Processo de aquecer o aço e resfriá-lo naturalmente ao ar.

2. Recozimento

Consiste no aquecimento à temperatura crítica e permanência no forno durante um tempo pré-determinado e resfriamento controlado.

3. Esferodização

Processo de aquecer o aço e resfriá-lo lentamente no forno para a usinabilidade e a estampagem do material.

4. Tempera + revenimento (beneficiamento)

Processo de aquecer o aço e resfriá-lo bruscamente, geralmente em água ou óleo para se obter uma elevada dureza e aumentar a resistência mecânica.

Tolerâncias dimensionais de laminados e forjados

1. Tolerância de barras laminadas redondas (mm)

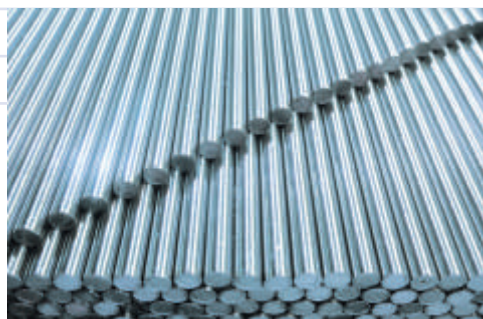
Bitolas	Afastamento	Ovalização
Até 15,00	± 0,40	Máx. 0,60
15,00 – 25,00	± 0,50	Máx. 0,75
25,00 – 35,00	± 0,60	Máx. 0,90
35,00 – 50,00	± 0,80	Máx. 1,20
50,00 – 80,00	± 1,00	Máx. 1,50
80,00 – 100,00	± 1,30	Máx. 1,95
100,00 – 120,00	± 1,50	Máx. 2,25
120,00 – 160,00	± 2,00	Máx. 3,00
160,00 – 200,00	± 2,50	Máx. 3,75
200,00 – 220,00	± 3,00	Máx. 4,50



2. Tolerância de barras laminadas com acabamento

Faixas de bitolas (mm)	DIN	h 7	670	h 9	669/7	h 11	668	h 13
	ISO		h 8		h 10		h 12	
1 a 3		0,010	0,014	0,025	0,040	0,060	0,100	0,140
3 a 6		0,012	0,018	0,030	0,048	0,075	0,120	0,180
6 a 10		0,015	0,022	0,036	0,058	0,090	0,150	0,220
10 a 18		0,018	0,027	0,043	0,070	0,110	0,180	0,270
18 a 30		0,021	0,033	0,052	0,084	0,130	0,210	0,330
30 a 50		0,025	0,039	0,062	0,100	0,160	0,250	0,390
50 a 80		0,030	0,046	0,074	0,120	0,190	0,300	0,460
80 a 120		0,035	0,054	0,087	0,140	0,220	0,350	0,540
120 a 180		0,040	0,063	0,100	0,160	0,250	0,400	0,630

- Descascadas a partir de ISO h₁₁.
- Descascadas e polidas a partir de ISO h₁₁.
- Trefiladas a partir de ISO h₉ (sem tratamento térmico após trefila).
- Retificadas a partir de ISO h₇.



- Outras faixas de tolerância sob consulta.

3. Tolerância de barras forjadas sobremetal (mm)

Medida acabada (mm)		Aço p/ const. mecânica	
Acima de	Até	Sobremetal	Tolerância
152	160	12	± 2,3
160	200	14	± 2,8
200	250	17	± 3,4
250	315	21	± 4,2
315	400	26	± 5,1
400	500	32	± 6,3
500	630	39	± 7,8
630	800	49	± 9,8

Características mecânicas dos produtos Gerdau Aços Especiais

1. Durezas (HB) - Construção Mecânica

Qualidade	Laminado/Normalizado	Recozido	Esfereidizado
SAE 1010	110 – 140	máx. 110	45 – 55 (HRB)
SAE 1015	110 – 155	máx. 130	máx. 165 (HRB)
SAE 1016/1018	125 – 165	máx. 140	máx. 70 (HRB)
SAE 1020	120 – 170	máx. 145	máx. 75 (HRB)
SAE 1022	130 – 190	máx. 165	máx. 160
SAE 10B22	135 – 205	máx. 155	máx. 150
SAE 1025	130 – 195	–	–
SAE 1030	140 – 205	máx. 170	máx. 160
SAE 1035	150 – 220	máx. 174	máx. 163
SAE 1040	155 – 230	máx. 177	máx. 166
SAE 1045	165 – 250	máx. 180	máx. 169
SAE 1050	179 – 265	–	máx. 184
SAE 1060	200 – 272	–	máx. 198
SAE 1070	210 – 290	máx. 220	máx. 202
SAE 1080/1084	229 – 310	–	máx. 207
DIN 9SMn28	115 – 170	máx. 160	–
SAE 1117	120 – 175	–	–
SAE 1137	179 – 245	–	–
SAE 1140	160 – 230	máx. 210	–
SAE 1141	185 – 260	máx. 220	–
SAE 1144	190 – 272	máx. 230	–
SAE 1522	156 – 170	–	–
SAE 1524	149 – 207	–	–
SAE 1541	187 – 250	máx. 200	máx. 182
SAE 1552	190 – 260	máx. 230	–
SAE 4135	200 – 280	máx. 217	máx. 177
SAE 4140	229 – 350	máx. 228	máx. 190
SAE 9254	255 – 321	máx. 285	máx. 210
DIN 41Cr4	185 – 300	máx. 210	máx. 185
DIN 16MnCr5	130 – 250	máx. 180	máx. 165
DIN 20MnCr5	180 – 280	máx. 217	–
DIN58CrV4	máx 440	máx. 240	–
SAE 4320	160 – 260	máx. 217	–
SAE 4340	260 – 380	máx. 260	máx. 210
SAE 5115	130 – 210	máx. 180	máx. 154
SAE 5135	175 – 270	máx. 195	máx. 169
SAE 5140	180 – 275	máx. 207	máx. 172
SAE 5160	máx. 380	máx. 240	máx. 200
SAE 52100	máx. 400	máx. 250	máx. 207
SAE 6150	máx. 400	máx 235	máx. 200
SAE 8615	135 – 200	máx. 170	–
SAE 8620	140 – 250	máx. 180	–
SAE 8622	145 – 225	–	–
SAE 8625/8627	150 – 230	160 – 210	–
SAE 8630	155 – 240	–	–
SAE 8640	240 – 330	máx. 206	máx. 183
SAE 8822	160 – 250	–	–
SAE 9254	255 – 321	máx. 285	máx. 210
DIN C 70S6	máx. 285	210 – 250	–
DIN 38 MnSiVS5	máx. 280	–	–
SAE 15V44	máx. 300	–	–
DIN 48 MnV3	máx. 270	–	–

2. Propriedades mecânicas de material beneficiado

Bitolas ≤ 40mm					
Qualidade	RT(N/mm²)	LE(N/mm²)	Al(%)	Est(%)	Dur(HB)
SAE 1035	600 – 750	mín. 370	mín. 19	mín. 45	180 – 228
SAE 1040	630 – 780	mín. 400	mín. 18	mín. 40	187 – 232
SAE 1045	650 – 800	mín. 430	mín. 16	mín. 40	195 – 234
SAE 1050	700 – 850	mín. 400	mín. 15	mín. 35	215 – 253
SAE 1060	800 – 950	mín. 520	mín. 13	mín. 30	240 – 285
SAE 4135	900 – 1100	mín. 650	mín. 12	mín. 50	271 – 335
SAE 4140	1000 – 1200	mín. 750	mín. 11	mín. 45	300 – 340
SAE 4340	1000 – 1200	mín. 900	mín. 11	mín. 50	300 – 340
SAE 5135	850 – 1000	mín. 630	mín. 13	mín. 40	253 – 300
SAE 5140	900 – 1100	mín. 660	mín. 12	mín. 35	271 – 335
SAE 6150	1000 – 1200	mín. 800	mín. 10	mín. 45	300 – 340
SAE 8640	900 – 1150	–	–	–	271 – 345

Bitolas 40 a 100mm					
Qualidade	RT(N/mm²)	LE(N/mm²)	Al(%)	Est(%)	Dur(HB)
SAE 1035	550 – 700	mín. 320	mín. 20	mín. 50	159 – 215
SAE 1040	600 – 750	mín. 350	mín. 19	mín. 45	168 – 223
SAE 1045	630 – 180	mín. 370	mín. 17	mín. 45	180 – 228
SAE 1050	650 – 800	mín. 400	mín. 16	mín. 40	200 – 240
SAE 1060	750 – 900	mín. 450	mín. 14	mín. 35	228 – 271
SAE 4135	800 – 950	mín. 550	mín. 14	mín. 55	240 – 285
SAE 4140	900 – 1100	mín. 650	mín. 12	mín. 50	260 – 320
SAE 4340	1000 – 1200	mín. 900	mín. 11	mín. 50	300 – 340
SAE 5135	750 – 900	mín. 510	mín. 14	mín. 40	228 – 271
SAE 5140	800 – 950	mín. 560	mín. 14	mín. 40	240 – 285
SAE 6150	900 – 1100	mín. 700	mín. 12	mín. 50	271 – 335
SAE 8640	800 – 950	–	–	–	240 – 285

Bitolas 100 a 203,20mm					
Qualidade	RT(N/mm²)	LE(N/mm²)	Al(%)	Est(%)	Dur(HB)
SAE 1035	–	–	–	–	–
SAE 1040	–	–	–	–	–
SAE 1045	–	–	–	–	–
SAE 1050	–	–	–	–	–
SAE 1060	–	–	–	–	–
SAE 4135	750 – 900	mín. 500	mín. 15	mín. 55	228 – 271
SAE 4140	800 – 950	mín. 550	mín. 13	mín. 50	230 – 275
SAE 4340	900 – 1100	mín. 700	mín. 12	mín. 55	270 – 330
SAE 5135	–	–	–	–	–
SAE 5140	–	–	–	–	–
SAE 6150	850 – 1000	mín. 650	mín. 13	mín. 50	253 – 300
SAE 8640	750 – 900	–	–	–	228 – 271

- As faixas de dureza nas condições "Laminado/Normalizado" são meramente informativas, podendo sofrer variações em função das condições de resfriamento dos materiais.

Arames Industriais

Arames de Baixo Teor de Carbono (BTC)

Para Artefatos

Bitolas mm	Aço	Opções de embalagem	
		Tipos	Peso (kg)
1,20 a 16,00	1006 a 1020	Rolos	100 e 200
		Estocadores	700 a 1350



Polido

Bitolas mm	Aço	Opções de embalagem	
		Tipos	Peso (kg)
1,30 a 9,50	1006	Rolos	100 e 200
		Estocadores	600 a 1250



Galvanizado Industrial

Bitolas mm	Aço	Opções de embalagem	
		Tipos	Peso (kg)
1,24 a 6,35	1006 a 1010	Rolos	100 e 200
		Estocadores	550 a 600



Arames de Alto Teor de Carbono (ATC)

Polido

Bitolas mm	Aço	Opções de embalagem	
		Tipos	Peso (kg)
1,30 a 8,00	1006	Rolos	100 e 200
		Estocadores	770 a 880



Claro

Bitolas mm	Aço	Opções de embalagem	
		Tipos	Peso (kg)
1,20 a 7,50	1045 a 1080	Rolos	100 e 200
		Estocadores	700 a 1350



Galvanizado

Bitolas mm	Aço	Opções de embalagem	
		Tipos	Peso (kg)
1,57 a 4,90	1045 a 1080	Rolos	100 e 200
		Estocadores	400 a 450

- Outras bitolas e aços, mediante consulta.



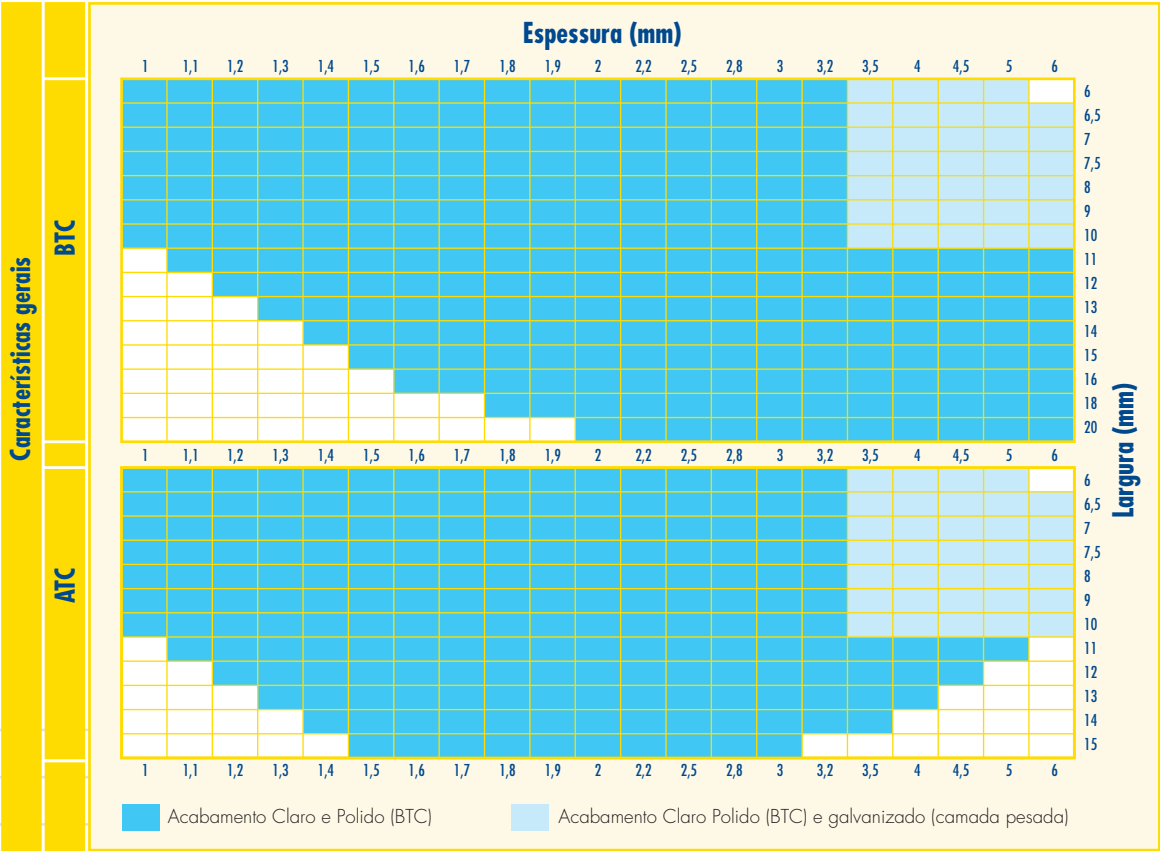
Arames Galvanizados para Alma de Cabos de Alumínio (ACSR)

Bitolas mm	Aço	Opções de embalagem	
		Tipos	Peso (kg)
1,57 a 4,77	1045 a 1080	Rolos	100 a 200
		Estocadores	400 a 450

Piatina Gerdau

Tolerância dimensional

Largura: + - 0,15mm Espessura: + - 0,09mm



Arames para Solda

MIG

Processo de soldagem	Tipo	Norma atendida	Bitolas	Opções de embalagem	
			mm	Tipos*	Peso (kg)
MIG	ER 70 S - 6	AWS A5.18	0,80	Carretel Metálico (Randômico)	18 - 20
			0,90		
			1,00	Carretel Metálico (Capa-a-capa)	18 - 20
			1,20		
			1,32	Barrica	100
			1,60		200
					250

- * Formas de bobinamento do arame MIG:
Randômico: Espiras do arame são distribuídas no carretel de forma aleatória
Capa-a-capa: Espiras do arame são distribuídas no carretel de forma justaposta (lado a lado).
- Todos os produtos de acordo com as Normas AWS e ASME II - parte C.

Aprovado por bureaus internacionais de qualidade:

- Bureau Veritas
- Lloyds Register
- American Bureau of Shipping
- FBTS - Petrobrás



ARC

Processo de soldagem	Tipo	Norma atendida	Bitolas	Opções de embalagem	
			mm	Tipos	Peso (kg)
Arco submerso	EL-12	AWS A5.17	1,59	Rolos	30
			1,98		
			2,38		30
			3,18		
			3,97		30/500
			4,76		
	EM-12K	AWS A5.17	1,59	Rolos	30
			1,98		
			2,38		30
			3,18		
			3,97		30
			4,76		
	EM-13K	AWS A5.17	1,59	Rolos	30
			1,98		
			2,38		30
			3,18		
			3,97		30/500
			4,76		

- Todos os produtos de acordo com as Normas AWS e ASME II - parte C.

Aprovado por bureaus internacionais de qualidade:

- Bureau Veritas
- Lloyds Register
- American Bureau of Shipping
- FBTS - Petrobrás



TIG

Processo de soldagem	Tipo	Norma atendida	Bitolas	Opções de embalagem	
			mm	Tipos	Peso (kg)
TIG	ER 70 S - 3	AWS A5.18	1,59	Varetas em tubo	10
			2,00		
			2,38		
			3,00		
			3,18		
			3,97		
			4,76		

- Todos os produtos de acordo com as Normas AWS e ASME II - parte C.



Aprovado por bureaus internacionais de qualidade:

- American Bureau of Shipping
- FBTS - Petrobrás

OXI

Processo de soldagem	Tipo	Norma atendida	Bitolas	Opções de embalagem	
			mm	Tipos	Peso (kg)
OXIACETILENO	REG - 45	AWS A5.2	1,59	Varetas em saco	10
			2,38		
			3,18		
			3,97		
			4,76		

- Todos os produtos de acordo com as Normas AWS e ASME II - parte C.



ELETRODO

Processo de soldagem	Tipo	Norma atendida	Bitolas	Opções de embalagem	
			mm	Tipos	Peso (kg)
Eletrodo revestido	E - 6013 serralheiro	AWS A5.1	2,50	4 caixas de 5kg	20
			3,25	4 caixas de 5kg	20
	E - 6013	AWS A5.1	2,50	Lata	20
			3,25		20
			4,00		20
			5,00		20
	E - 6010	AWS A5.1	2,50	Lata	15
			3,25		15
			4,00		20
			5,00		20
	E - 7018	AWS A5.1	2,50	Lata	15
			3,25		15
			4,00		20
			5,00		20
	E - 7018 G	AWS A5.1	2,50	Lata	15
			3,25		15
			4,00		20
			5,00		20

- Todos os produtos de acordo com a Normas AWS e ASME II - parte C.



Aprovado por bureaus internacionais de qualidade:

- Bureau Veritas
- FBTS - Petrobrás
- American Bureau of Shipping (E-7018)

[AÇO PARA AGROPECUÁRIA]

Arames Farpados

Elefante

Comprimento	Peso aprox.	Diâmetro	Carga ruptura
m	kg	mm	kgf
250	17,6	2,20	350
400	28,3	2,20	350



Zebu

Comprimento	Peso aprox.	Diâmetro	Carga ruptura
m	kg	mm	kgf
250	15,5	2,00	250
400	24,3	2,00	250



Touro

Tripla camada de galvanização

Comprimento	Peso aprox.	Diâmetro	Carga ruptura
m	kg	mm	kgf
250	11,2	1,60	350
500	22,3	1,60	350



Urso

Comprimento	Peso aprox.	Diâmetro	Carga ruptura
m	kg	mm	kgf
250	10,2	1,60	350
400	16,6	1,60	350
500	21,0	1,60	350



Gir

Comprimento	Peso aprox.	Diâmetro	Carga ruptura
m	kg	mm	kgf
250	10,2	1,60	250
400	16,5	1,60	250
500	20,6	1,60	250



Potro

Comprimento	Peso aprox.	Diâmetro	Carga ruptura
m	kg	mm	kgf
250	10,3	1,60	250
400	16,4	1,60	250
500	20,8	1,60	250



Grampo

Medidas		Quant. aprox. de pregos por quilo
JP x LPP	Pol. Ingl. x BWG	
13 x 6	1/2" x 15	1524
13 x 9	3/4" x 15	996
16 x 10	7/8" x 12	356
18 x 10	7/8" x 10	295
19 x 10	7/8" x 9	244
19 x 11	1" x 9	194



Arame Ovalado

Arame Ovalado

Bitola		Comprimento	Peso aprox.	Carga ruptura
pg	mm	m	kg	kgf
14 x 16	2,2 x 2,7	500	18,0	600
14 x 16	2,2 x 2,7	1.250	46,3	600
15 x 17	2,4 x 3,0	1.000	45,7	700
15 x 17	2,4 x 3,0	500	22,9	700



Arame Ovalado Pantaneiro

Tripla camada de galvanização

Bitola	Equivalente	Comprimento	Peso aprox.	Carga ruptura
pg	mm	m	kg	kgf
15 x 17	2,4 x 3,0	1.000	45,8	800



Cercafix

Diâmetro	Comprimento	Feixe
mm	m	kg
3,40	1,20	18,8



Arame Cerca Elétrica

Tripla camada de galvanização

Bitola	Equivalente	Carga mínima de ruptura	Comprimento mínimo por rolo	Peso aprox. do rolo
BWG	mm	kgf	m	kg
14	2,10	500	500	14,0
14	2,10	500	1000	28,0



Arame Culturas Aéreas

Tripla camada de galvanização

Bitola	Equivalente	Carga mínima de ruptura	Comprimento mínimo por rolo	Peso aprox. do rolo
BWG	mm	kgf	m	kg
14	2,10	500	500	14,0
14	2,10	500	1000	28,0



Cordoalha Curral

Tripla camada de galvanização

Diâmetro da cordoalha	Comprimento do rolo	Peso aproximado	Carga de ruptura	Nº de fios por cordoalha
mm	m	kg	kgf	
6,40	250	45,0	2.500	7
6,40	500	90,0	2.500	7



Cordoalha Culturas Aéreas

Tripla camada de galvanização

Diâmetro da cordoalha	Comprimento mín. do rolo	Peso aproximado	Carga mín. de ruptura	Nº fios
mm	m	kg	kgf	
4,00	250	18,0	1.000	3
4,00	500	36,0	1.000	3
4,87	250	24,0	1.670	3
4,87	500	48,0	1.670	3
6,40	250	45,0	2.500	7
6,40	500	90,0	2.500	7



Arame Galvanizado

Arame Galvanizado

BWG	Diâmetro nominal	Comprimento do rolo	Peso aprox. do rolo
nº	mm	m/kg	kg
4	6,04	0,225	50, 100 ou 1
6	5,15	0,128	
8	4,19	0,101	
10	3,40	0,071	
12	2,78	0,045	
14	2,12	0,026	
16	1,67	0,016	
18	1,27	0,009	



Arame Galvanizado Plastificado

BWG	Diâmetro nominal	Comprimento do rolo	Peso aprox. do rolo
nº	mm	m/kg	kg
10	4,70	0,090	50 ou 100
12	3,80	0,055	
14	2,80	0,031	
16	2,20	0,020	50, 100 ou 1
18	1,90	0,012	

- Pode ser fornecido com revestimento em PVC nas cores azul e verde.



Alambrado

Tripla camada de galvanização

Diâmetro dos Fios (mm)	Dimensões (m)		Espaçamento entre os fios (cm)		Peso (kg/rolo)
	Altura (m)	Comprimento (m)	Long.	Transv.	
2,5			1,0	25,0	15
	1,2	15	x 5		38,2
	1,5	15	x 5		45,9
		10	x 5		51,4
	1,8	15	x 5		53,6
	2,0	15	x 5		58,9
		10	x 5		65,8
2,7	1,5	15	x 5		53,2
	1,8	15	x 5		63,9
	2,0	15	x 5		68,7
3,0	1,5	15	x 5		58,7
	2,0	15	x 5		68,0
3,4	2,0	15	x 5		111,0



Mourão de Aço

Mourão de Aço rural - cru e galvanizado

Mourão	Bitola	Altura	Peso unitário aproximado	Peso do feixe com 12 peças
	pol.	m	kg	kg
Cercas	1.1/2" x 1/8"	1,70	3,57	42,8
	1.1/2" x 1/8"	1,95	4,10	49,2
	1.1/2" x 1/8"	2,20	4,62	55,4
Fruticultura	1.1/2" x 1/8"	2,70	5,67	68,0
	1.1/2" x 1/8"	3,30	6,93	83,2



Mourão de Aço urbano (galvanizado)

Mourão	Bitola	Altura	Peso unitário aproximado	Peso do feixe com 12 peças
	pol.	m	kg	kg
Escora de canto	1.3/4" x 1/8"	2,00	4,30	51,6
Escora de meio	1.3/4" x 1/8"	2,00	4,30	51,6
Lança	2" x 3/16"	2,60	9,26	110,4
Curva	2" x 3/16"	3,00	10,68	127,4



Ancorfix

Comprimento	Diâmetro da barra	Peso	Diâmetro do disco
m	mm	kg	cm
0,90	16,0	2,04	15



Gripple

Modelo	Caixa	Peso aprox. por un.	Bitolas de trabalho	Carga de trabalho
	un.	kg	mm	kgf
PEQUENO	300	0,016	1,00 a 2,15	220
MÉDIO	200	0,026	2,00 a 3,25	350
MAXI	120	0,060	2,50 a 4,00	600
15x17 MAXI	120	0,060	2,50 a 3,50	650



[PRODUTOS PLANOS E DERIVADOS]

Chapas e Bobinas

Chapas e bobinas grossas

pol.	Espessura mm	Peso aproximado kg/m ²
1/4"	6,30	49,39
5/16"	8,00	62,72
3/8"	9,50	74,48
1/2"	12,50	98,00
5/8"	16,00	125,44
3/4"	19,00	149,00
7/8"	22,40	175,84
1"	25,00	196,00
1.1/4"	31,50	247,27
1.1/2"	37,50	294,37
1.3/4"	44,45	348,50
2"	50,00	392,00
2.1/2"	63,00	494,55
3"	75,00	588,10
3.1/2"	88,90	697,80
4"	100,00	784,00



- Material em bobinas até espessura máxima de 19,00mm (3/4").

Chapas e bobinas finas a quente

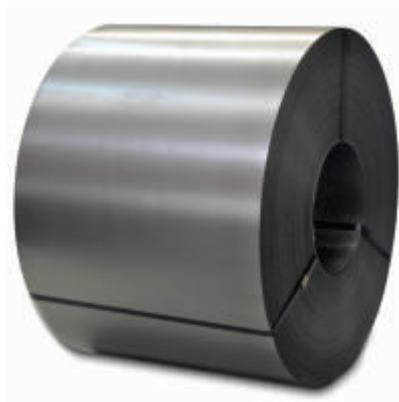
Bitola	Espessura	Peso aproximado kg/m ²
MSG	mm	
18	1,20	9,60
16	1,50	12,00
15	1,80	14,40
14	2,00	16,00
13	2,25	18,00
12	2,65	21,20
11	3,00	24,00
10	3,35	26,30
9	3,75	30,00
8	4,25	34,00
7	4,50	36,00
3/16"	4,75	38,00
—	5,00	40,00



- Bitolas intermediárias poderão ser fornecidas mediante consulta.

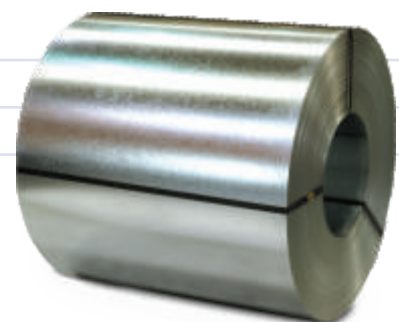
Chapas e bobinas finas a frio

Bitola	Espessura	Peso aproximado kg/m ²
MSG	mm	
30	0,30	2,40
28	0,38	3,04
26	0,45	3,60
24	0,60	4,80
22	0,75	6,00
20	0,90	7,20
19	1,06	8,48
18	1,20	9,60
16	1,50	12,00
14	1,90	15,20
13	2,25	18,00
12	2,65	21,20



Chapas e bobinas zincadas (galvanizadas)

Bitola	Espessura	Peso aproximado kg/m ²
MSG	mm	
32	0,30	2,40
30	0,35	2,80
28	0,43	3,44
26	0,50	4,00
24	0,65	5,20
22	0,80	6,40
20	0,95	7,60
19	1,11	8,88
18	1,25	10,00
16	1,55	12,40
14	1,95	15,60
13	2,30	18,40
12	2,70	21,60



Bobininhas

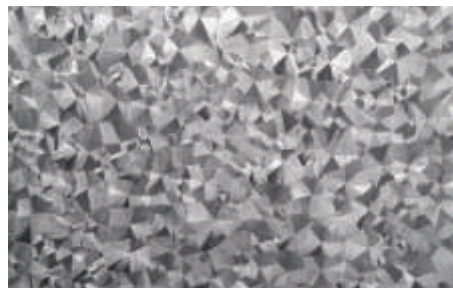
Material	Espessura	Peso aproximado kg/m ²
	mm	
AÇO ZINCADO NBR 7008 ZC REV. B	0,30	2,40
	0,35	2,80
	0,43	3,44
	0,50	4,00
	0,65	5,20
	0,80	6,40



- Largura disponíveis de 300 a 1200mm sob consulta.

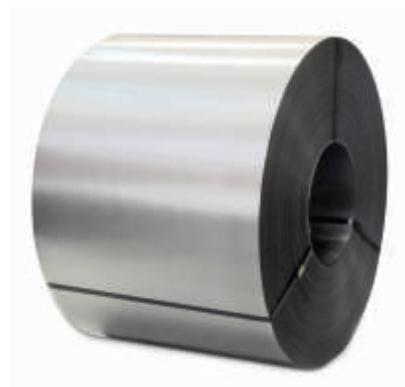
Chapas e bobinas Galvalume

Largura	Espessura	Peso aproximado kg/m ²
mm	mm	
1200	0,43	3,90
1200	0,50	4,55



Chapas e bobinas eletrogalvanizadas

Bitola	Espessura	Peso aproximado kg/m ²
MSG	mm	
24	0,60	4,80
22	0,75	6,00
20	0,90	7,20
18	1,20	9,60
16	1,50	12,00

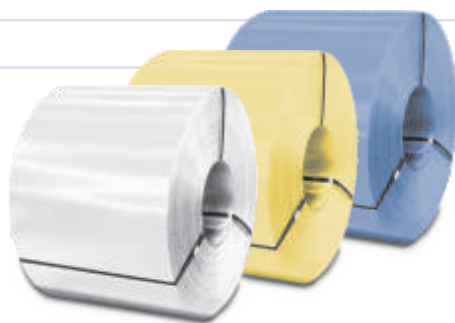


Chapas e bobinas pré-pintadas

Largura	Espessura	Peso aproximado kg/m. l
mm	mm	
1200	0,43	4,16
1200	0,50	4,83
1200	0,65	6,24

- Obs.: cores sob consulta.

- Pesos em kilogramas por metro linear na largura especificada.



Chapas e bobinas para pisos (xadrez)

pol.	Espessura	Peso aproximado kg/m ²
	mm	
1/8"	3,00	25,07
3/16"	4,75	38,90
1/4"	6,30	50,20
5/16"	8,00	63,93
3/8"	9,50	75,75



Chapa expandida

Espessura mm	Malha	kg/m ²
4,75	40 x 100	8,95
6,30	40 x 100	16,20

- Laminada a quente (SAE 1010).
- Outras malhas disponíveis sob consulta.

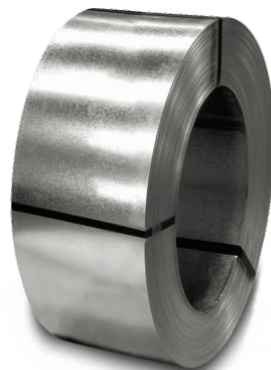


Fitas

Fitas e rolos (slitter)

Espessura (mm)	Largura (mm)
0,40 a 12,50	25 a 1.600 mm

- Laminadas a quente, laminadas a frio e laminadas revestidas.
- Outras dimensões/especificações mediante consulta.



Fitas de aço para embalagem azuladas

Espessura (mm)	Largura (mm)
0,60	19,0
0,80	19,0
0,80	25,0
0,80	32,0
1,00	25,0
1,00	32,0



Fitas de aço laqueadas para embalagem

Espessura (mm)	Largura (mm)
0,60	19,0
0,80	19,0
0,80	25,0
0,80	32,0
1,00	25,0
1,00	32,0



- NBR 6653 - GRAU FE-2.
- Outras dimensões/especificações, mediante consulta.

[Telhas de aço galvanizado e Cumeeiras]

Onduladas 17

Tabela de Cargas Admissíveis (kg/m²) - Telhas com Zn

Esp. mm	Peso kg/m.l	Nº de apoios	Distância entre apoios (mm)											
			1500		1750		2000		2500		2500			
			C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
0,43	4,13	2	65	41	41	25	27	17	19	13	14	8		
		3	98	97	71	61	55	41	43	29	34	21		
		4	122	77	78	49	52	43	36	22	25	16		
0,50	4,80	2	78	48	48	30	32	20	22	13	17	10		
		3	113	112	83	71	64	47	50	33	18	24		
		4	141	89	90	56	60	37	43	26	31	20		
0,65	6,30	2	97	61	61	38	41	26	29	17	21	15		
		3	144	144	108	90	81	61	64	42	49	31		
		4	181	115	115	72	77	48	53	34	39	25		
0,80	7,76	2	117	74	74	46	49	31	34	22	26	15		
		3	175	173	128	109	98	73	78	51	60	37		
		4	218	138	140	87	93	58	66	41	47	30		

- Revestimento: zinco ou liga de alumínio-zinco.
- Opcional com pintura eletrolítica ou imersão (disponibilidade de cores mediante consulta).
- Pesos em kilogramas por metro linear de telha.
- Fornecemos Cumeeiras no comprimento padrão de 600mm. Outros comprimentos sob consulta.

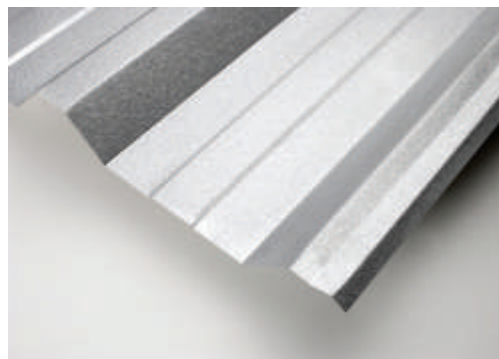


Trapezoidais 40

Tabela de Cargas Admissíveis (kg/m²) - Telhas com Zn

Esp. mm	Peso kg/m.l	Nº de apoios	Distância entre apoios (mm)											
			1750		2000		2250		2500		2750		3000	
			C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
0,43	4,13	2	137	137	105	105	83	74	67	54	56	41	47	31
		3	137	137	105	105	83	83	67	67	56	56	47	47
		4	171	171	131	131	104	104	84	84	69	69	58	58
0,50	4,80	2	159	159	122	122	96	86	78	63	64	47	54	36
		3	159	159	122	122	96	96	78	78	64	64	54	54
		4	199	199	152	152	120	120	97	97	80	80	68	68
0,65	6,30	2	205	205	157	157	124	111	100	81	83	61	70	47
		3	205	205	157	157	124	124	100	100	83	83	70	70
		4	256	256	196	196	155	155	126	126	104	104	87	87
0,80	7,76	2	251	251	192	192	152	136	123	99	102	75	85	58
		3	251	251	192	192	152	152	123	123	102	102	85	85
		4	314	314	240	240	190	190	154	154	127	127	107	107

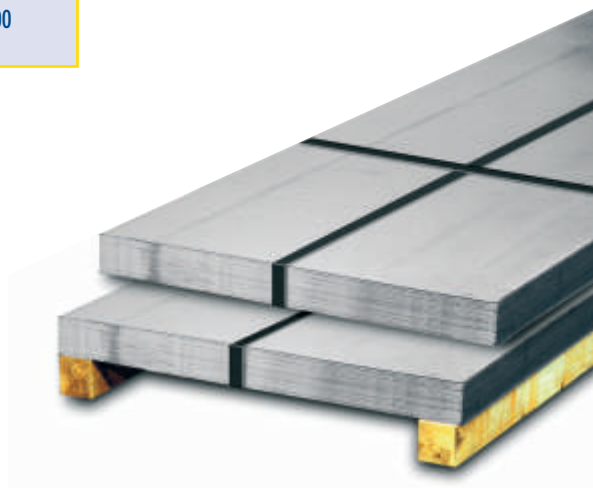
- Revestimento: zinco ou liga de alumínio-zinco.
- Opcional com pintura eletrolítica ou imersão (disponibilidade de cores mediante consulta).
- Pesos em kilogramas por metro linear de telha.
- Fornecemos Cumeeiras no comprimento padrão de 600mm. Outros comprimentos sob consulta.



Blanks

Espessura mm	Comprimento mm	Largura mm
0,40 a 12,50	100 a 2.100	100 a 800

- Laminados a quente, laminados a frio e laminados revestidos.
- Outras dimensões/especificações, mediante consulta.
- As dimensões acima são referentes ao corte mecânico.
- Oferecemos também o corte térmico. Ver pág. 64.



Fixadores

Para telhas e terças metálicas (autoperfurantes)

Ondulada	Trapezoidal	Costura
10-16x3/4"	12-14x3/4"	1/4-14x7/8"

- Consulte também o prego telheiro para telhas metálicas na página 21.



Tubos

Tubos de diâmetros menores que 7 polegadas

Tabela dimensional e pesos teóricos (kg/m) - Norma ASTM A 178, ASTM A 106, DIN 2440, DIN 2458, SCH 10, SCH 20 e SCH 40.

				(POL)										1/16			
				(BG)		22		21	20		19	1.20	18		16		14
				mm	0.75	0.79	0.85	0.90	1.00	1.06	1.12	1.20	1.26	1.50	1.59	1.90	1.99
Nominal		Externo		Padrão	0.75	0.75	0.85	0.90	1.06	1.06	1.06		1.20	1.50	1.50	1.90	2.00
pol.	mm	pol.	mm														
		3/8	9.52				0.182	0.191	0.221	0.221	0.221						
		1/2	12.70		0.221	0.221	0.248	0.262	0.304	0.304	0.304	0.340	0.340	0.414	0.414		
		5/8	15.87		0.280	0.280	0.315	0.332	0.387	0.387	0.387	0.434	0.434	0.532	0.532		
3/8	10		17.20					0.362	0.422	0.422	0.422	0.474	0.474	0.581	0.581	0.717	0.750
		3/4	19.05		0.338	0.338	0.382	0.403	0.470	0.470	0.470	0.528	0.528	0.649	0.649	0.804	0.841
		13/16	20.70					0.439	0.513	0.513	0.513	0.577	0.577	0.710	0.710	0.881	0.922
1/2	15		21.30					0.453	0.529	0.529	0.529	0.595	0.595	0.732	0.732	0.909	0.952
		7/8	22.23					0.473	0.553	0.553	0.553	0.622	0.622	0.767	0.767	0.953	0.998
		1	25.40		0.456	0.456	0.515	0.544	0.636	0.636	0.636	0.716	0.716	0.884	0.884	1.101	1.154
3/4	20		26.70						0.670	0.670	0.670	0.755	0.755	0.932	0.932	1.162	1.218
3/4	20		26.90						0.675	0.675	0.675	0.761	0.761	0.940	0.940	1.171	1.228
		1.1/8	28.60						0.720	0.720	0.720	0.811	0.811	1.002	1.002	1.251	1.312
		1.1/4	31.75		0.573	0.573	0.648	0.685	0.802	0.802	0.802	0.904	0.904	1.119	1.119	1.399	1.467
1	25	15/16	33.40											1.180	1.180	1.476	1.549
1	25		33.70											1.191	1.191	1.490	1.564
		1.3/8	34.92					0.755	0.885	0.885	0.885	0.998	0.998	1.236	1.236	1.547	1.624
		1.1/2	38.10					0.826	0.968	0.968	0.968	1.092	1.092	1.354	1.354	1.696	1.781
		1.5/8	41.27						1.051	1.051	1.051	1.186	1.186	1.471	1.471	1.845	1.937
			42.00						1.070	1.070	1.070	1.207	1.207	1.498	1.498	1.879	1.973
1.1/4	32		42.20											1.506	1.506	1.888	1.983
1.1/4	32		42.40											1.513	1.513	1.898	1.993
		1.3/4	44.45						1.134	1.134	1.134	1.280	1.280	1.589	1.589	1.994	2.094
		1.7/8	47.60						1.217	1.217	1.217	1.373	1.373	1.705	1.705	2.141	2.249
1.1/2	40		48.30									1.394	1.394	1.731	1.731	2.174	2.284
		2	50.80						1.300	1.300	1.300	1.468	1.468	1.824	1.824	2.291	2.407
		2.1/4	57.15						1.466	1.466	1.466	1.656	1.656	2.059	2.059	2.589	2.720
		2.5/16	58.74									1.703	1.703	2.117	2.117	2.663	2.799
2	50	2.3/8	60.30									1.749	1.749	2.175	2.175	2.736	2.876
		2.1/2	63.50									1.844	1.844	2.294	2.294	2.886	3.033
		2.3/4	69.85											2.032	2.032	2.528	2.688
2.1/2	65	2.7/8	73.00													2.645	2.816
			74.00													2.682	2.854
2.1/2			76.10													2.760	2.933
		3	76.20									2.220	2.220	2.763	2.763	3.481	3.660
			80.25														
			87.00													3.163	3.352
3	80	3.1/2	88.90													3.233	3.424
		3.3/4	95.25														
3.1/2	90	4	101.60													3.703	3.903
			113.20														
4	100	4.1/2	114.30														
		5	127.00														
5	125	5.1/2	139.70														
5	125	5.9/16	141.30														
		6	152.40														
		6.1/4	158.75														
6	150	6.1/2	165.10														
6	150	6.5/8	168.30														
		7	177.80														

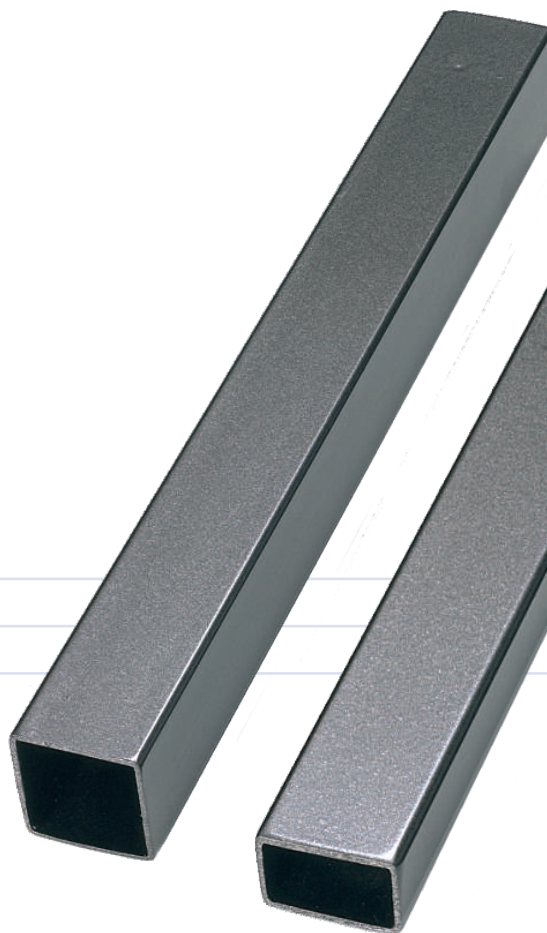
ASTM SCH40

A photograph showing four black PVC pipes of varying diameters arranged diagonally from the top right towards the bottom left. The pipes are hollow and have a smooth, matte finish. The background is plain white.

Tubos quadrados/retangulares
Tabela dimensional e pesos teóricos (kg/m)

Tubos							Espessuras																		
							(POL)											1/16							
							(BG)		22		21	20		19		18		16		14		13			
							mm	0.75	0.79	0.85	0.90	1.00	1.06	1.12	1.20	1.26	1.50	1.59	1.90	1.99	2.00	2.24	2.25	2.65	3.00
							Padrão	0.75	0.75	0.85	0.90	1.06	1.06	1.06	1.20	1.20	1.50	1.50	1.90	2.00	2.00	2.25	2.25	2.65	3.00
Quadrados	Retangulares						Diâm. equiv.																		
16 x 16							20.70	0.369	0.369	0.416	0.439	0.513	0.513	0.513	0.577	0.577	0.710	0.710	0.881	0.992	0.922	1.024	1.024	1.180	
20 x 20	(30 x 16 oval)						25.40	0.456	0.515	0.544	0.636	0.636	0.636	0.716	0.716	0.884	0.884	1.101	1.154	1.154	1.154	1.285	1.285	1.487	1.657
	(36 x 14 oval)						28.60					0.720	0.720	0.720	0.811	0.811	1.002	1.002	1.251	1.312	1.312	1.462	1.462	1.696	1.894
25 x 25	30 x 20	32 x 19	35 x 15				31.75	0.573	0.573	0.648	0.685	0.802	0.802	0.802	0.904	0.904	1.119	1.119	1.399	1.467	1.467	1.637	1.637	1.902	2.127
	30 x 25	35 x 20	40 x 15				34.92				0.755	0.885	0.885	0.885	0.998	0.998	1.236	1.236	1.547	1.642	1.624	1.813	1.813	2.109	2.362
30 x 30	35 x 25	40 x 20					38.10				0.826	0.968	0.968	0.968	1.092	1.092	1.354	1.354	1.696	1.781	1.781	1.989	1.989	2.317	2.597
35 x 35	40 x 30	45 x 25	50 x 20				44.45					1.134	1.134	1.134	1.280	1.280	1.589	1.589	1.994	2.094	2.094	2.342	2.342	2.732	3.067
38 x 38	40 x 35	45 x 30	50 x 25				48.30								1.394	1.394	1.731	1.731	2.174	2.284	2.284	2.555	2.555	2.983	3.350
40 x 40	50 x 30	55 x 25					50.80					1.300	1.300	1.300	1.468	1.468	1.824	1.824	2.291	2.407	2.407	2.694	2.694	3.147	3.536
	50 x 40	55 x 35	60 x 30				57.15					1.466	1.466	1.466	1.656	1.656	2.059	2.059	2.589	2.720	2.720	3.046	3.046	3.562	4.006
	55 x 40	60 x 35	70 x 25				60.30								1.749	1.749	2.175	2.175	2.736	2.876	2.876	3.221	3.221	3.768	4.240
50 x 50	60 x 40	70 x 30					63.50								1.844	1.844	2.294	2.294	2.886	3.033	3.033	3.399	3.399	3.977	4.476
55 x 55	60 x 50	70 x 40	80 x 30				69.85								2.032	2.032	2.528	2.528	3.184	3.347	3.347	3.751	3.751	4.392	4.946
	60 x 55	80 x 35					73.00																	4.598	5.179
60 x 60	70 x 50	80 x 40	90 x 30				76.20								2.220	2.220	2.763	2.763	3.481	3.660	3.660	4.103	4.103	4.807	5.416
63,5 x 63,5	76,2 x 50,8						80.25																	5.071	5.715
70 x 70	76,2 x 63,5	80 x 60	90 x 50	100 x 40			88.90								3.233	3.233	4.077	4.286	4.286	4.808	4.808	5.637	6.355		
75 x 75	80 x 70	90 x 60	100 x 50	110 x 40			95.25																	6.052	6.825
80 x 80	90 x 70	100 x 60	110 x 50	120 x 40			101.60									3.703	3.703	4.672	4.913	4.913	5.513	5.513	6.467	7.295	
90 x 90	100 x 80	110 x 70	120 x 60	130 x 50			114.30															6.217	7.297	8.234	
100 x 100	110 x 90	120 x 80	125 x 75	130 x 70	140 x 60	150 x 150	127.00															6.992	8.127	9.174	
110 x 110	120 x 100	130 x 90	140 x 80	150 x 70	160 x 60	170 x 150	139.70																	8.957	10.114
	125 x 100	150 x 75					141.30																	9.061	10.232
120 x 120	125 x 115	140 x 100	150 x 90	160 x 80			152.40																	9.787	11.053
125 x 125	130 x 120	150 x 100	160 x 90				158.75																	10.202	11.523
130 x 130	140 x 120	160 x 100					165.10																	10.617	11.993
	140 x 125	150 x 115					168.30																	10.826	12.230
140 x 140	150 x 130	160 x 120					177.80																		12.932

1/8				3/16		1/4
10						4
3.17	3.35	3.75	4.25	4.75	5.30	6.35
3.0	3.35	3.75	4.25	4.75	5.30	6.30
1.657						
1.894						
2.127						
2.362						
2.597	2.871	3.177				
3.067	3.396	3.764	4.213	4.651		
3.351	3.760	4.120	4.617	5.102		
3.536	3.920	4.351	4.879	5.394		
4.006	4.445	4.938	5.545	6.138		
4.239	4.705	5.290	5.875	6.507	7.189	8.390
4.476	4.969	5.526	6.210	6.882		
4.946	5.494	6.113	6.876	7.626		
5.179	5.754	6.404	7.206	7.995	8.849	10.363
5.416	6.019	6.700	7.541	8.370	9.267	10.860
5.715	6.353	7.075	7.966	8.844	9.796	11.489
6.355	7.070	7.875	8.872	9.858	10.927	12.833
6.825	7.592	8.462	9.538	10.601	11.757	13.820
7.295	9.050	9.049	10.200	11.345	12.587	14.807
8.234	9.166	10.220	11.534	12.833	14.247	16.780
9.174	10.215	11.398	12.866	14.321	15.907	18.753
10.114	11.265	12.573	14.197	15.808	17.567	20.726
10.232	11.397	12.721	14.364	15.996	17.776	20.975
11.053	12.314	13.747	15.528	17.296	19.227	22.699
11.523	12.839	14.334	16.193	18.040	20.057	23.686
11.993	13.363	14.992	16.859	18.784	20.887	24.672
12.230	13.628	15.218	17.194	19.159	21.305	25.170
12.932	14.412	16.096	18.190	20.271	22.547	26.646



Tubos de condução pretos e galvanizados

Norma NBR 5580, NBR 5590, DIN 2440, DIN 2441, BS 1387, ASTM A53, A120 e API.

Diâm. Nom.	Rosca BSP							Rosca NPT				
	NBR 5580			NBR 5580 e DIN 2440		NBR 5580 e DIN 2441		NBR 5590, ASTM A53 e API		ASTM A53		
pol.	Diâm. ext. (mm)	Leve esp. (mm)	kg/m	Média esp. (mm)	kg/m	Pesada esp. (mm)	kg/m	Diâm. Ext. (mm)	SCH 40	kg/m	SCH 80	kg/m
1/2"	21.30	2.25	1.06	2.65	1.24	—	—	21.30	2.77	1.27	—	—
3/4"	26.90	2.25	1.37	2.65	1.60	3.00	1.77	26.70	2.87	1.69	—	—
1"	33.70	2.65	2.03	3.35	2.53	3.75	2.77	33.40	3.38	2.50	—	—
1.1/4"	42.40	2.65	2.63	3.35	3.27	3.75	3.57	42.30	3.56	3.39	—	—
1.1/2"	48.30	3.00	3.35	3.35	3.76	3.75	4.12	48.30	3.68	4.05	—	—
2"	60.30	3.00	4.24	3.75	5.29	4.50	6.19	60.30	3.91	5.44	5.54	7.48
2.1/2"	76.10	3.35	6.01	3.75	6.76	4.50	7.95	73.00	5.16	8.63	7.01	11.41
3"	88.90	3.35	7.07	4.05	8.47	4.50	9.37	88.90	5.49	11.29	7.62	15.27
3.1/2"	101.60	3.35	9.05	4.25	10.20	5.00	11.91	101.60	5.74	13.57	—	—
4"	114.30	3.75	10.22	4.50	12.18	5.60	15.01	114.30	6.02	16.07	—	—
5"	139.70	—	—	5.00	16.61	5.60	18.52	141.30	6.55	21.77	—	—
6"	165.10	—	—	5.30	20.89	5.60	22.03	168.30	7.11	28.26	—	—

- Outros diâmetros mediante consulta.



Eletrodutos galvanizados

Norma NBR 5598, NBR 5597 e ANSI C80.1.

Classe de espessura (mm) e peso de barras de 3m de comprimento							
Diâmetro nominal		NBR 5597			NBR 5598		
pol.	mm	Diâmetro externo	Espessura	Peso	Diâmetro externo	Espessura	Peso
		mm	mm	kg	mm	mm	kg
1/2"	15	21.30	2.25	3.20	21.30	2.25	3.20
3/4"	20	26.70	2.25	4.32	26.90	2.25	4.32
1"	25	33.40	2.65	6.50	33.70	2.65	6.50
1.1/4"	32	42.20	3.00	9.41	42.40	3.00	9.41
1.1/2"	40	48.30	3.00	10.91	48.30	3.00	10.91
2"	50	60.30	3.35	15.45	60.30	3.35	15.45
2.1/2"	65	73.00	3.75	21.51	76.10	3.35	20.24
3"	80	88.90	3.75	25.87	88.70	3.75	25.87
3.1/2"	90	101.60	4.25	33.44	101.60	4.25	33.44
4"	100	114.30	4.25	37.85	114.30	4.25	37.85
5"	125	141.30	5.00	55.32	139.70	5.00	55.32
6"	150	168.30	5.30	70.74	165.10	5.00	70.74

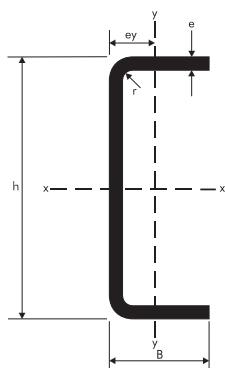


UDC simples

Dobrado de chapa

Dimensões			S	P	Jx	Wx	ix	ey	Jy	Wy	iy
h	B	e = r	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm
mm	mm	mm									
50	25	2,00	1.75	1.38	6.66	2.60	1.94	0.71	1.07	0.60	0.78
		2,25	2.07	1.62	7.70	3.00	1.92	0.73	1.26	0.71	0.77
		2,65	2.38	1.86	8.66	3.40	1.90	0.75	1.43	0.82	0.77
		3,00	2.67	2.10	9.55	3.80	1.88	0.77	1.59	0.92	0.77
75	38	2,00	2.80	2.20	25.10	6.60	2.99	1.12	4.55	1.58	1.27
		2,25	3.32	2.61	29.43	7.80	2.97	1.14	5.37	1.88	1.27
		2,65	3.84	3.01	33.56	8.90	2.95	1.16	6.15	2.17	1.26
		3,00	4.35	3.41	37.49	9.90	2.93	1.18	6.91	2.45	1.26
		4,75	6.48	5.09	52.75	14.00	2.85	1.27	10.00	3.66	1.24
100	40	2,00	3.27	2.57	49.01	9.80	3.86	0.97	4.99	1.65	1.23
		2,25	3.89	3.06	57.67	11.50	3.84	0.99	5.89	1.96	1.22
		2,65	4.51	3.54	65.99	13.10	3.82	1.01	6.76	2.26	1.22
		3,00	5.11	4.01	73.99	14.70	3.80	1.03	7.61	2.56	1.22
		4,75	7.67	6.02	105.9	21.10	3.71	1.11	11.09	3.84	1.20
100	50	2,00	3.65	2.87	58.15	11.60	3.98	1.34	9.24	2.52	1.58
		2,25	4.35	3.41	68.55	13.70	3.96	1.36	10.94	3.00	1.58
		2,65	5.04	3.95	78.60	15.70	3.94	1.38	12.59	3.48	1.58
		3,00	5.71	4.48	88.29	17.60	3.92	1.40	14.20	3.94	1.57
		4,75	8.63	6.77	127.5	25.40	3.84	1.48	20.89	5.84	1.55
127	50	2,00	4.17	3.27	101.30	15.90	4.92	1.19	9.94	2.61	1.54
		2,25	4.97	3.90	119.60	18.80	4.90	1.20	11.78	3.10	1.53
		2,65	5.76	4.52	137.50	21.60	4.88	1.22	13.57	3.59	1.53
		3,00	6.53	5.13	154.80	24.30	4.86	1.24	15.32	4.08	1.53
		4,75	9.91	7.78	225.90	35.50	4.77	1.32	22.66	6.16	1.51
150	50	2,00	4.60	3.61	149.90	19.90	5.70	1.08	10.42	2.66	1.50
		2,25	5.49	4.31	177.40	23.60	5.68	1.10	12.35	3.17	1.49
		2,65	6.37	5.00	204.10	27.20	5.65	1.12	14.24	3.67	1.49
		3,00	7.23	5.68	230.10	30.60	5.63	1.13	16.08	4.16	1.49
		4,75	11.01	8.64	338.00	45.00	5.54	1.21	23.84	6.30	1.47
200	50	2,00	5.55	4.36	299.30	29.90	7.33	0.91	11.20	2.74	1.41
		2,25	6.63	5.20	354.90	35.40	7.31	0.93	13.28	3.26	1.41
		2,65	7.70	6.04	409.30	40.90	7.28	0.95	15.32	3.78	1.41
		3,00	8.75	6.87	462.40	46.20	7.26	0.96	17.31	4.29	1.40
		4,75	13.39	10.51	686.20	68.60	7.15	1.04	25.76	6.51	1.38

- Poderão ser fornecidas outras dimensões mediante consulta.



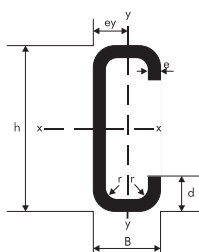
S = área de seção
P = peso estimado por metro
Jx = momento da inércia do eixo x
Wx = módulo de resistência do eixo x
ix = raio de giro do eixo x
ey = distância da linha neutra
Jy = momento da inércia do eixo y
Wy = módulo de resistência do eixo y
iy = raio de giro do do eixo y



UDC enrijecidos

Dobrado de chapa

Dimensões				S	P	Jx	Wx	ix	ey	Jy	Wy	iy
h	B	d	e = r	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm
mm	mm	mm	mm									
50	25	10	2,00	2.14	1.68	7.93	3.17	1.93	0.93	1.78	1.13	0.91
			2,25	2.37	1.86	8.65	3.46	1.91	0.93	1.91	1.22	0.90
			2,65	2.72	2.13	9.68	3.87	1.89	0.92	2.09	1.33	0.88
			3,00	3.01	2.36	10.46	4.18	1.86	0.92	2.21	1.40	0.86
75	40	15	2,00	3.44	2.70	30.33	8.09	2.97	1.50	7.88	3.15	1.51
			2,25	3.83	3.01	33.47	8.93	2.96	1.50	8.62	3.45	1.50
			2,65	4.44	3.49	38.22	10.19	2.93	1.50	9.72	3.89	1.48
			3,00	4.96	3.89	42.08	11.22	2.91	1.50	10.58	4.23	1.46
100	40	17	2,00	4.02	3.15	60.66	12.13	3.89	1.38	9.25	3.53	1.52
			2,25	4.48	3.52	67.14	13.43	3.87	1.37	10.15	3.87	1.50
			2,65	5.21	4.09	77.03	15.41	3.85	1.37	11.47	4.37	1.48
			3,00	5.83	4.58	85.19	17.04	3.82	1.37	12.51	4.76	1.47
100	50	17	2,00	4.42	3.47	70.26	14.05	3.99	1.78	15.76	4.90	1.89
			2,25	4.93	3.87	77.89	15.58	3.97	1.78	17.36	5.39	1.88
			2,65	5.74	4.51	89.59	17.92	3.95	1.78	19.74	6.13	1.85
			3,00	6.43	5.05	99.30	19.86	3.93	1.78	21.66	6.72	1.84
127	50	17	2,00	4.68	3.67	115.45	18.18	4.97	1.59	16.17	4.74	1.86
			2,25	5.54	4.35	135.33	21.31	4.94	1.59	18.71	5.48	1.84
			2,65	6.39	5.01	154.31	24.30	4.92	1.58	21.07	6.17	1.82
			3,00	7.21	5.66	172.40	27.15	4.89	1.58	23.24	6.79	1.80
150	60	20	2,00	5.61	4.40	195.38	26.05	5.90	1.92	28.36	6.95	2.25
			2,25	6.66	5.23	229.93	30.66	5.88	1.91	33.03	8.08	2.23
			2,65	7.69	6.04	263.19	35.09	5.85	1.91	37.42	9.15	2.21
			3,00	8.70	6.83	295.19	39.36	5.82	1.91	41.53	10.14	2.18
200	60	20	2,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			2,65	—	—	—	—	—	—	—	—	—
			3,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—



S = área de seção
 P = peso estimado por metro
 Jx = momento da inércia do eixo x
 Wx = módulo de resistência do eixo x
 ix = raio de giro do eixo x
 ey = distância da linha neutra
 Jy = momento da inércia do eixo y
 Wy = módulo de resistência do eixo y
 iy = raio de giro do eixo y





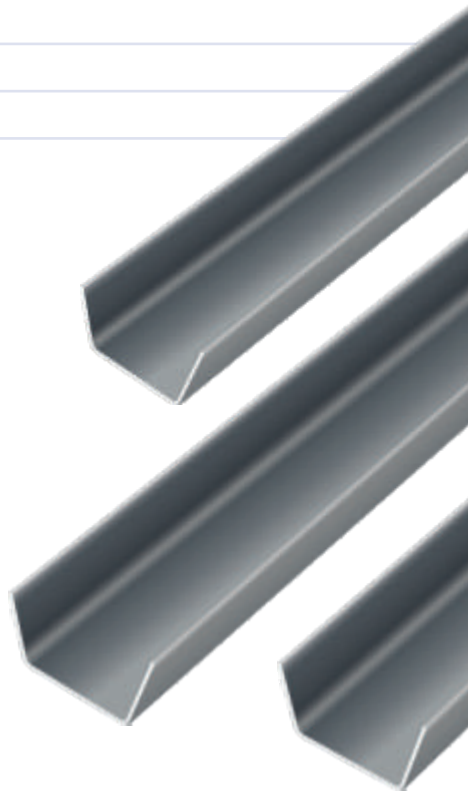
Tiras raiadas

Dimensões		Peso aproximado	
largura	espessura	m ²	espessura
85	0.60	0.620	3.72
112	0.60	0.780	4.68

Formas para treliça

Perfis para forma de treliça

120 x 30 x 2,25 x largura

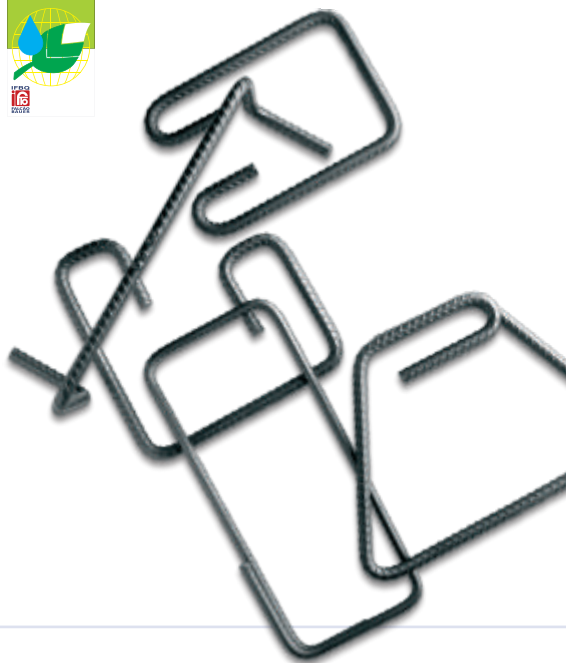


[SERVIÇOS]

Corte e dobra de Vergalhões

- ✓ Faixa de bitolas é de 4,2 a 32mm (GG 50, CA-25 e CA-60)
- ✓ O aço é cortado e dobrado de acordo com as especificações do projeto do cliente.
- ✓ Os lotes de peças cortadas e dobradas são agrupados e identificados de forma a facilitar a identificação e a montagem na obra.
- ✓ A entrega é feita de acordo com o cronograma de execução da obra.
- ✓ O faturamento é feito pelo peso nominal de norma do vergalhão.
- ✓ Perda zero.

Obs.: Produtos da Unidade Divinópolis certificados com selo categoria 1.



Corte de Barras e Perfis

Barras	Bitolas
Barras e Perfis	Até 610,00mm

- Material comercial e especial.

- ✓ Total qualidade de corte.
- ✓ Entrega conforme sua necessidade.
- ✓ Cortes em diversos comprimentos.
- ✓ Cortes de perfis estruturais.





DET NORSKE VERITAS

CERTIFICADO DE SISTEMA DA QUALIDADE

Certificado Nº 00823-2002-AQ-SPA-INMETRO

A DET NORSKE VERITAS LTDA. certifica que o Sistema da Qualidade da organização

GERDAU COMERCIAL DE AÇOS S/A

em

Centro de Serviços São Caetano: Av. Prosperidade, 250/300 - São Caetano do Sul, SP - BRASIL
Centro de Serviços Contagem: Av. Tito Fulgêncio, 493 - Contagem, MG - BRASIL

está em conformidade com os requisitos da Norma


NBR ISO 9001:2000

para o seguinte escopo de produtos e serviços:

**COMERCIALIZAÇÃO E PRODUÇÃO DE CHAPAS, TELHAS, TUBOS
COM DIÂMETRO DE 3/8" ATÉ 7", PERFIS DE AÇO PARA APLICAÇÃO
EM INDÚSTRIA E CONSTRUÇÃO CIVIL, FITAS E "BLANKS".**

Local e data de emissão:
São Paulo, 2006-11-02

Pelo Organismo Credenciado:
DET NORSKE VERITAS LTDA.
BRASIL


Maurício Venturin
Gerente de Certificação



Este Certificado é válido até:
2009-12-17

Data da Certificação original:
2002-03-15

A conformidade com a Norma para o escopo indicado
foi verificada pelo Auditor Líder

João Carlos Magalhães
registro pela DNV

A não observância das condições estabelecidas no Apêndice pode tornar este Certificado inválido

FILIAL	DDD	TEL.	FAX	FILIAL	DDD	TEL.	FAX
ARACAJU	79	3234-8000	3234-8033	MARÍLIA	14	3401-3700	3401-3720
ARAÇATUBA	18	3607-7000	3607-7040	MARINGÁ	44	3218-2550	3218-2595
ARARAQUARA	16	3301-2900	3301-2929	MONTES CLAROS	38	3229-3800	3229-3840
BAURU	14	3103-1300	3103-1330	NATAL	84	3203-3500	3203-3540
BELÉM	91	3214-1400	3214-1450	NOVO HAMBURGO	51	3553-8000	3553-8040
BELO HORIZONTE	31	3369-1400	3369-1460	PALMAS	63	3219-3900	3219-3941
BLUMENAU	47	3221-2500	3221-2505	PANAMBI	55	3375-9300	3375-9301
BRASÍLIA	61	3403-9900	3403-9920	PASSO FUNDO	54	3316-6600	3316-6620
CAMPINA GRANDE	83	3310-5500	3310-5510	PATO BRANCO	46	3220-1600	3220-1640
CAMPINAS	19	3727-3444	3727-3449	PELOTAS	53	3284-4500	3284-4505
CAMPO GRANDE	67	3345-6600	3345-6666	PONTA GROSSA	42	3220-1700	3220-1748
CASCADEL	45	3220-2500	3220-2540	PORTO ALEGRE	51	3373-2500	3373-2501
CAXIAS DO SUL	54	3227-4600	3227-4620	PORTO VELHO	69	3216-7500	3216-7508
CHAPECÓ	49	3321-9200	3321-9212	PRESIDENTE PRUDENTE	18	3902-5400	3902-5420
CUIABÁ	65	3612-7200	3612-7250	RECIFE	81	3472-2300	3472-2340
CURITIBA	41	3239-6000	3239-6050	RIBEIRÃO PRETO	16	3934-8600	3934-8620
DIVINÓPOLIS	37	3229-1900	3229-1910	RIO DE JANEIRO	21	2624-3200	2624-3240
DOURADOS	67	3411-3200	3411-3250	RIO DE JANEIRO 2	21	2455-8500	2455-8540
FEIRA DE SANTANA	75	3224-8500	3224-8510	SALVADOR	71	3207-5100	3207-5140
FLORIANÓPOLIS	48	3381-1500	3381-1501	SANTA MARIA	55	3211-6000	3211-6020
FORTALEZA	85	3288-7200	3288-7240	SANTOS	13	3576-9000	3576-9010
FRANCA	16	3711-7100	3711-7140	SÃO CAETANO DO SUL	11	4228-7070	4228-7080
GOIÂNIA	62	3265-4500	3265-4540	SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	17	3216-9170	3216-9199
GOV. VALADARES	33	3279-2700	3279-2705	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	12	3935-3737	3935-3747
IMPERATRIZ	99	3524-9100	3524-9141	SÃO LUIS	98	3218-3800	3218-3845
JOÃO PESSOA	83	3218-3000	3218-3010	SÃO PAULO (VILA MARIA)	11	2795-7799	2795-7700
JOINVILLE	47	3461-3636	3461-3630	SOROCABA	15	3226-9100	3226-9110
JUAZEIRO	74	3612-3200	3612-3233	TERESINA	86	3215-5400	3215-5440
JUAZEIRO DO NORTE	88	3566-2300	3566-2340	UBERLÂNDIA	34	3233-1800	3233-1850
JUIZ DE FORA	32	3239-6800	3239-6840	UMUARAMA	44	3621-3050	3621-3070
JUNDIAÍ	11	4589-4300	4589-4320	VARGINHA	35	3219-4600	3219-4601
LIMEIRA	19	3446-4000	3446-4004	VITÓRIA	27	3243-8250	3243-8290
LONDRINA	43	3371-3800	3371-3850	VITÓRIA DA CONQUISTA	77	3425-8200	3425-8240
MACEIÓ	82	3214-5000	3214-5040	VOLTA REDONDA	24	3345-1800	3345-1840
MANAUS	92	2101-6100	2101-6140				

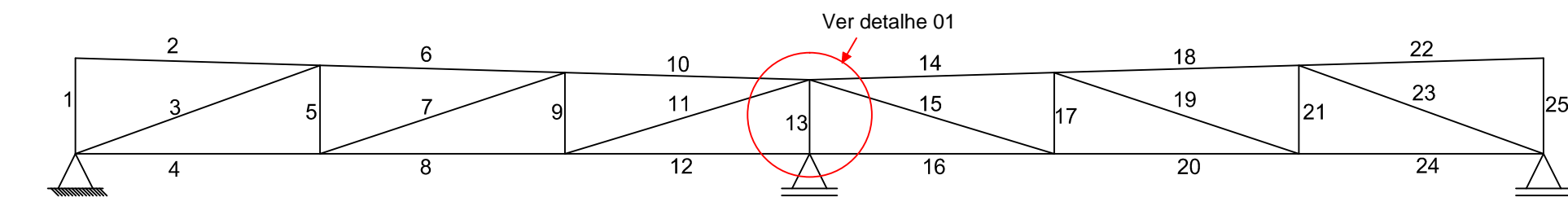


COMERCIAL GERDAU

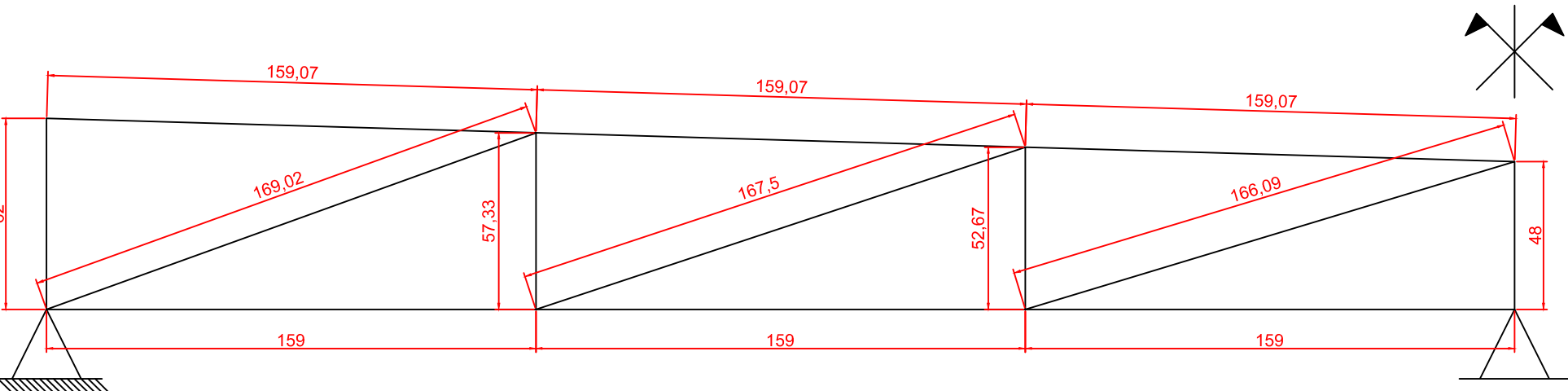
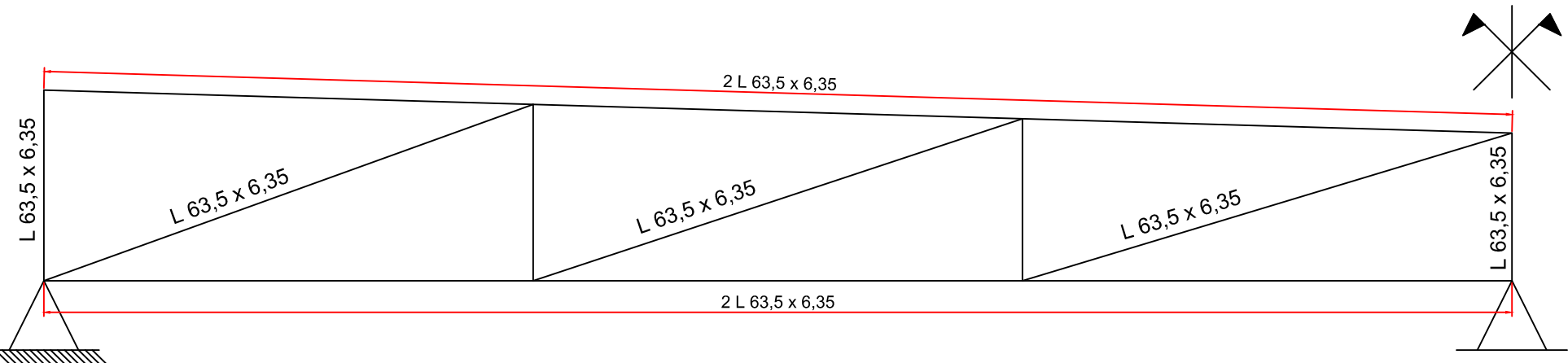
www.comercialgerdau.com.br

APÊNDICES

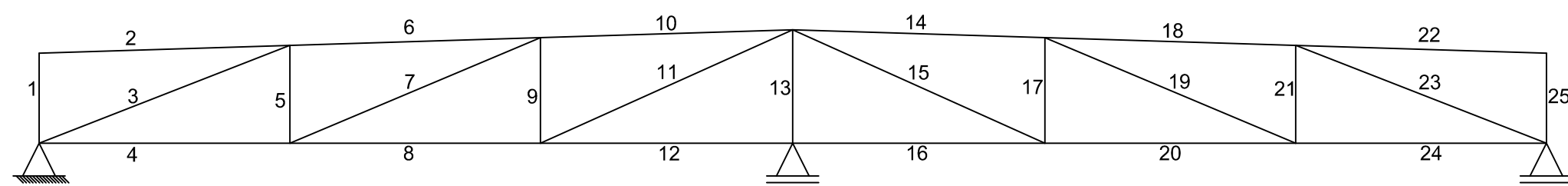
APÊNDICE A – Dimensionamento da Estrutura



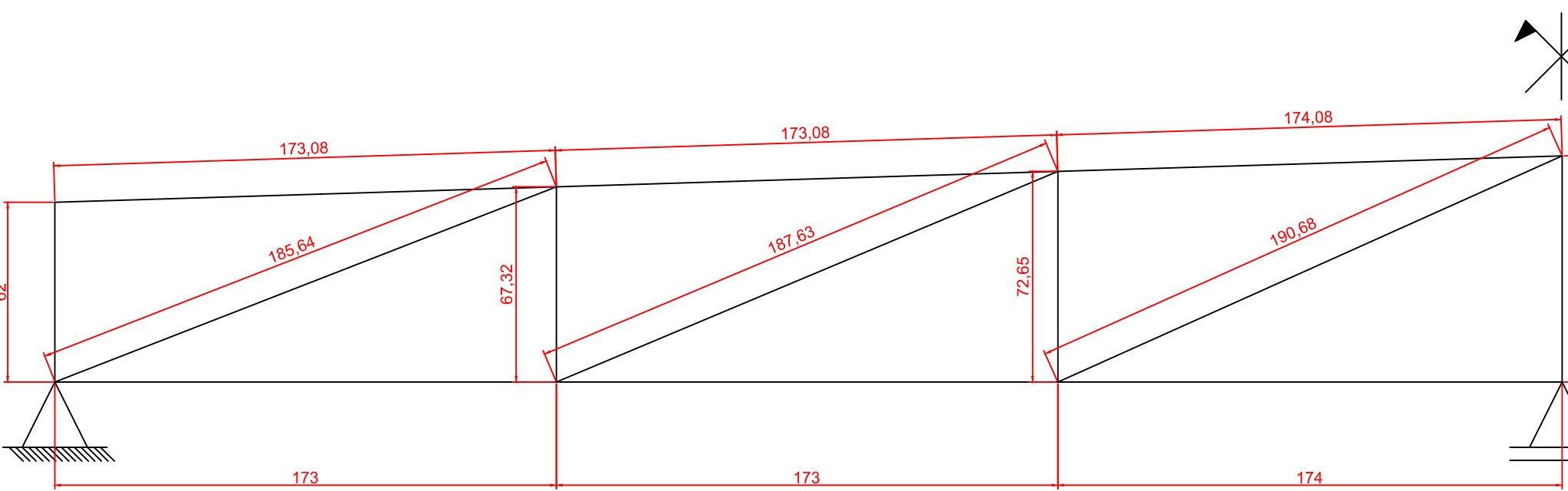
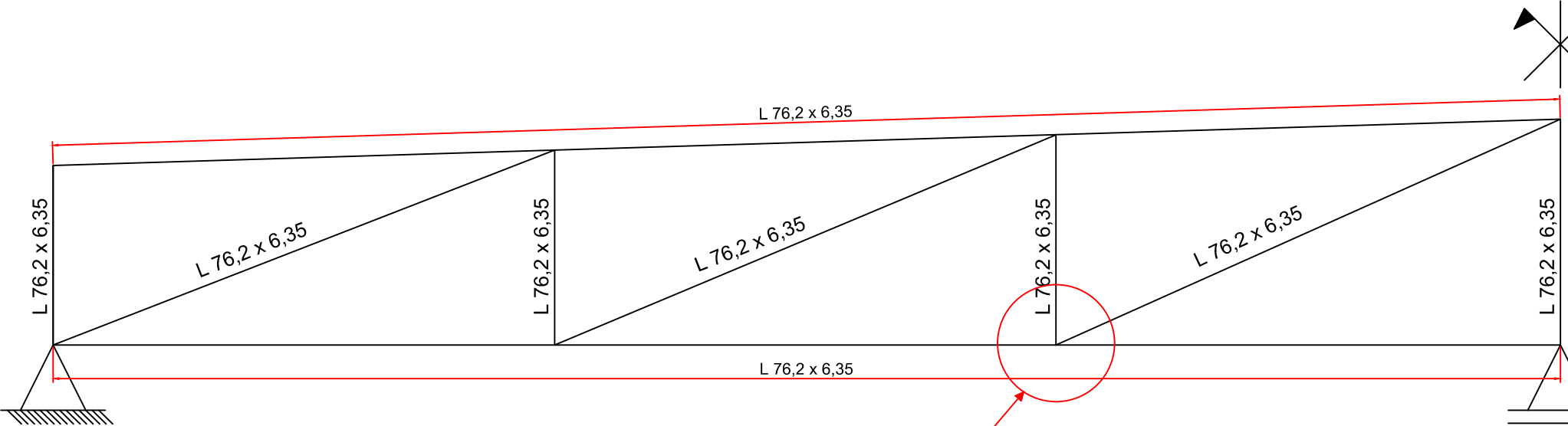
NUMERAÇÃO DAS BARRAS
TRELIÇA 01, 02, 03 E 04



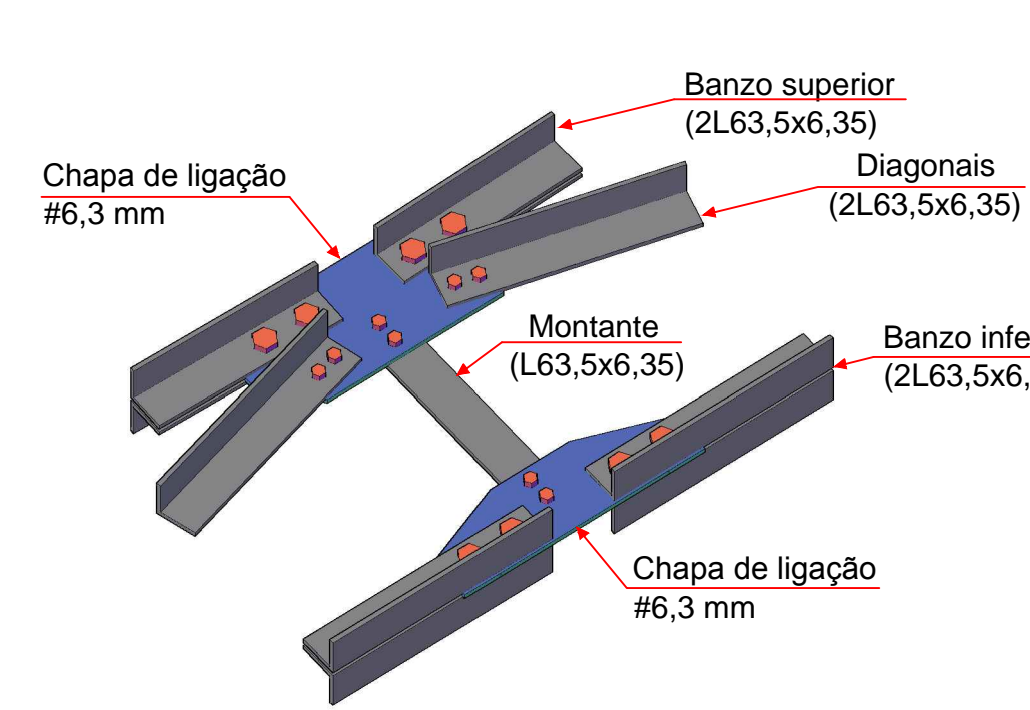
DETALHE TRELIÇA 01, 02, 03 E 04
ESCALA 1:20



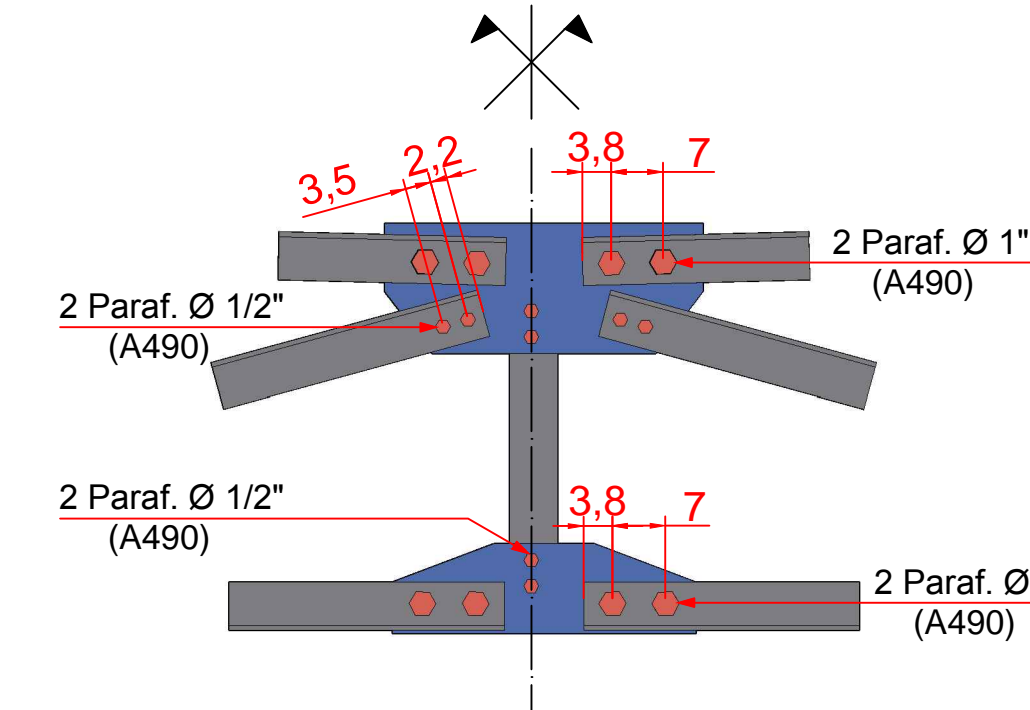
NUMERAÇÃO DAS BARRAS
TRELIÇA 07 E 08



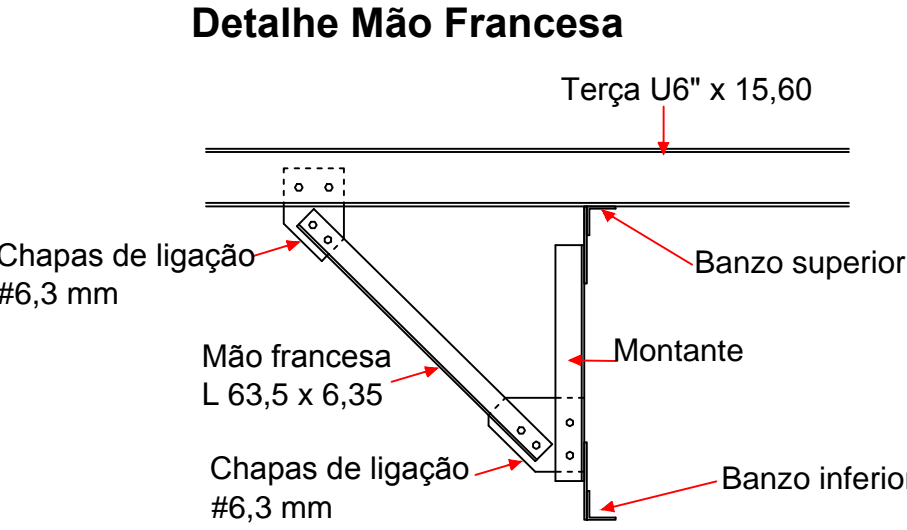
DETALHE TRELIÇA 07 E 08
ESCALA 1:20



DETALHE 01
ESCALA 1:10

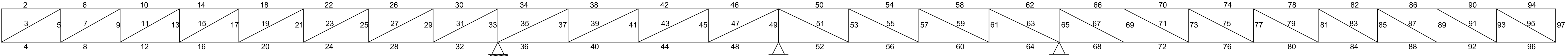


DETALHE 01 (vista frontal)
ESCALA 1:10

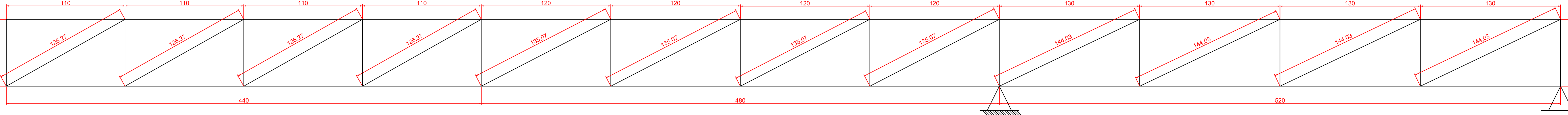
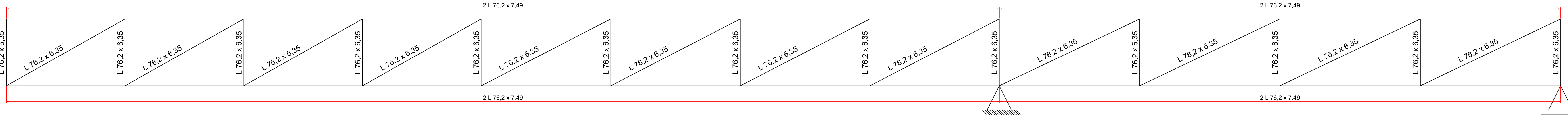


DETALHE 02
ESCALA 1:20

PROJETO POSTO DE COMBUSTÍVEIS ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, PALHOÇA - SC		
Projeto: DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA	Data: JUNHO/2014	Prancha: 1/6
Descrição: DETALHAMENTO TRELIÇAS 01, 02, 03, 04, 07 E 08	Escala: INDICADA	



NUMERAÇÃO DAS BARRAS
TRELIÇA 05

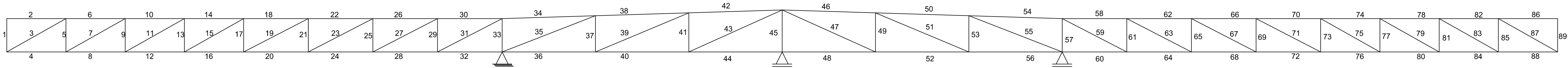


DETALHE TRELIÇA 05
ESCALA 1:20

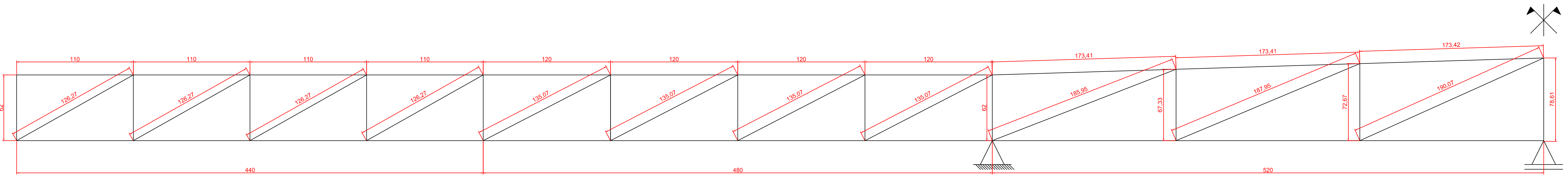
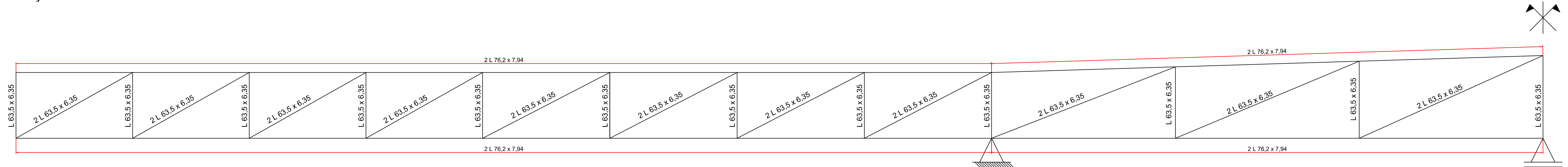
LISTA DE MATERIAIS		
treliça	perfil	comprimento (m)
1	L 63,5 x 6,35	52,14
2	L 63,5 x 6,35	52,14
3	L 63,5 x 6,35	52,14
4	L 63,5 x 6,35	52,14
5	L 76,2 x 6,35	47,93
	L 76,2 x 7,94	115,2
6	L 63,5 x 6,35	81,75
	L 76,2 x 7,94	57,6
7	L 76,2 x 6,35	36,91
8	L 76,2 x 6,35	36,91
9	L 76,2 x 6,35	16,13
	L 76,2 x 9,52	27,94
	L 76,2 x 7,94	40
	L 101,6 x 12,7	38,17
10	L 76,2 x 6,35	16,13
	L 76,2 x 9,52	27,94
	L 76,2 x 7,94	40
	L 101,6 x 12,7	38,17
11	L 76,2 x 6,35	16,13
	L 76,2 x 9,52	27,94
	L 76,2 x 7,94	40
	L 101,6 x 12,7	38,17
12	L 76,2 x 12,7	24,65
	L 50,8 x 6,35	11,02
	L 101,6 x 12,7	80
	L 76,2 x 9,52	35,2
13	L 76,2 x 12,7	24,65
	L 50,8 x 6,35	11,02
	L 101,6 x 12,7	80
	L 76,2 x 9,52	35,2
14	L 76,2 x 12,7	24,65
	L 50,8 x 6,35	11,02
	L 101,6 x 12,7	80
	L 76,2 x 9,52	35,2

PERFIL	COMPRIMENTO (m)	PESO (kg)
L 50,8 x 6,35	33,06	147,78
L 63,5 x 6,35	290,31	1770,89
L 76,2 x 6,35	170,14	1240,32
L 76,2 x 7,94	292,80	2655,70
L 76,2 x 9,52	189,42	2028,69
L 76,2 x 12,7	73,95	1035,30
L 101,6 x 12,7	354,51	6746,33
Aço ASTM A36 Total =		15625,00

PROJETO POSTO DE COMBUSTÍVEIS ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, PALHOÇA - SC		
Projeto: DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA	Data: JUNHO/2014	Prancha: 2/6
Descrição: DETALHAMENTO TRELIÇA 05	Escala: INDICADA	

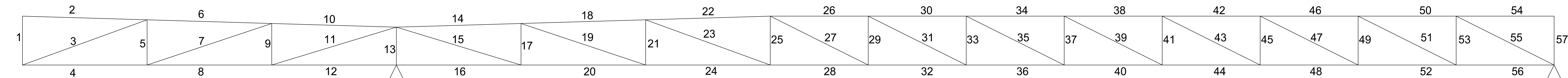


NUMERAÇÃO DAS BARRAS
TRELIÇA 06

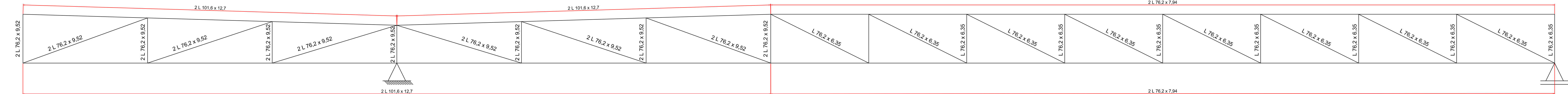


DETALHE TRELIÇA 06
ESCALA 1:20

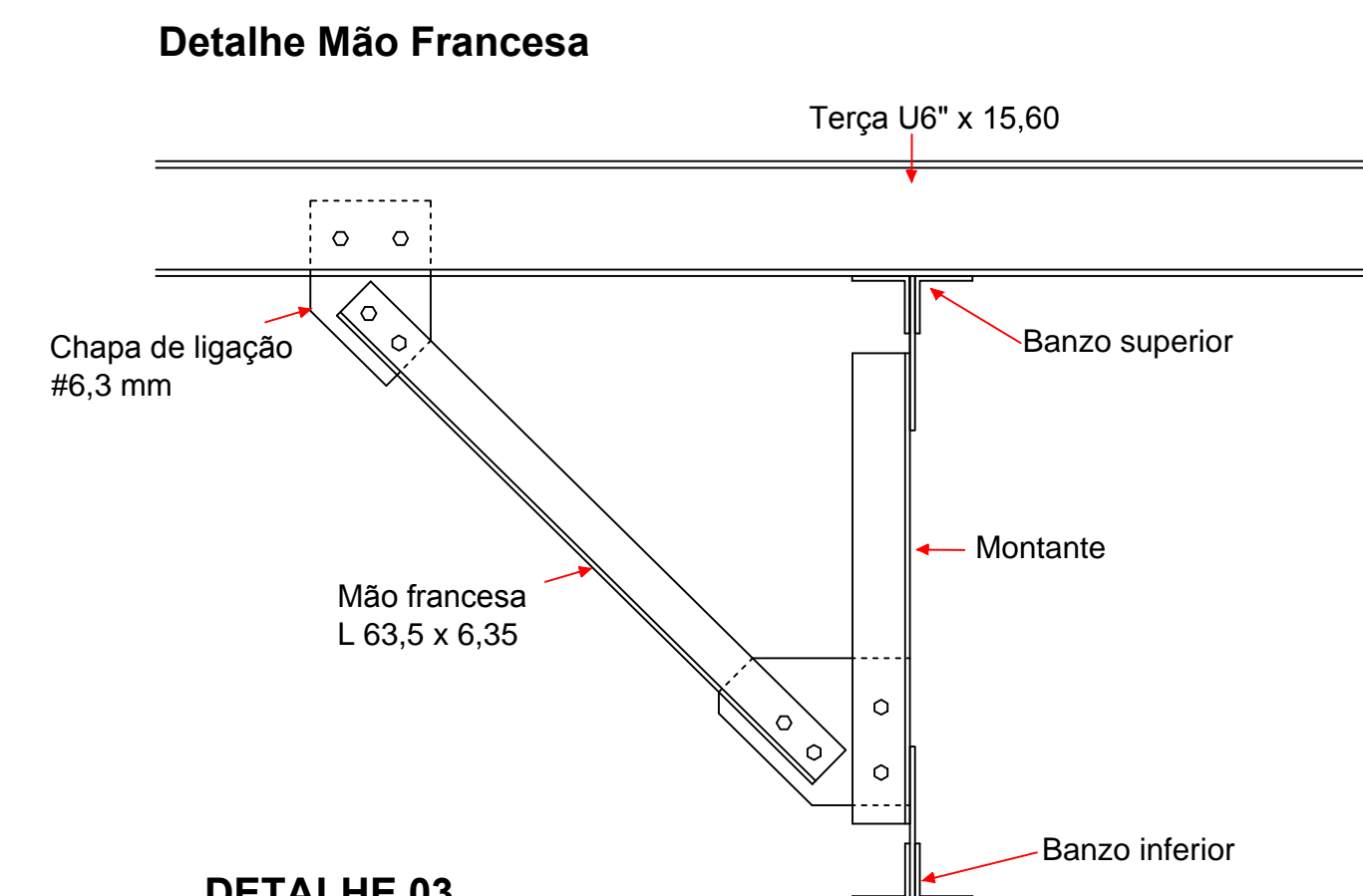
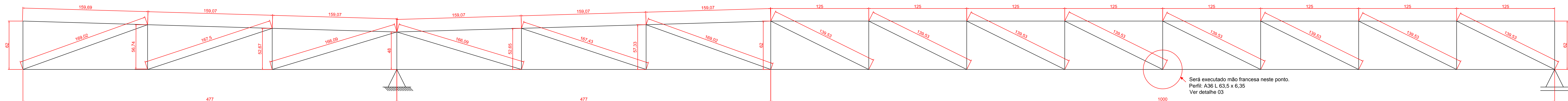
PROJETO POSTO DE COMBUSTÍVEIS ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, PALHOÇA - SC		
Projeto: DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA	Data: JUNHO/2014	Prancha: 3/6
Descrição: DETALHAMENTO TRELIÇA 06	Escala: INDICADA	



NUMERAÇÃO DAS BARRAS
TRELIÇA 09, 10 E 11



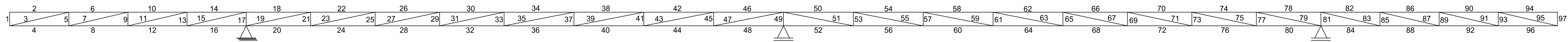
DETALHE TRELIÇA 09, 10 E 11
ESCALA 1:20



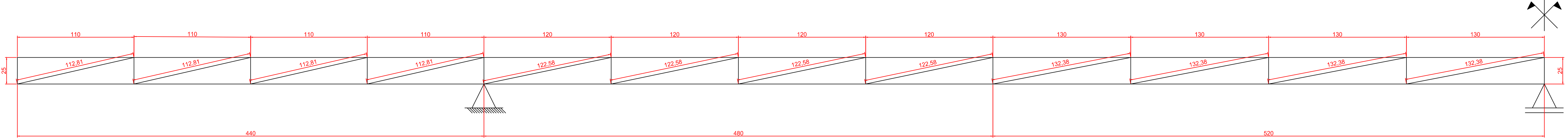
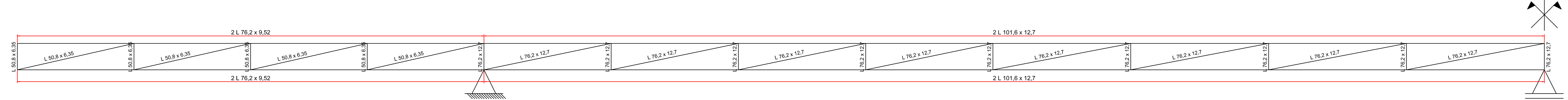
DETALHE 03
ESCALA 1:10

PROJETO POSTO DE COMBUSTÍVEIS
ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, PALHOÇA - SC

Projeto:	Data:
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA METÁLICA	JUNHO/2014
Descrição:	Escala:
DETALHAMENTO TRELIÇAS 09, 10 E 11	INDICADA



NUMERAÇÃO DAS BARRAS
TRELIÇA 12, 13 e 14



DETALHE TRELIÇA 12, 13 e 14
ESCALA 1:20

PROJETO POSTO DE COMBUSTÍVEIS
ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, PALHOÇA - SC

Projeto:
**DIMENSIONAMENTO DE
ESTRUTURA METÁLICA**

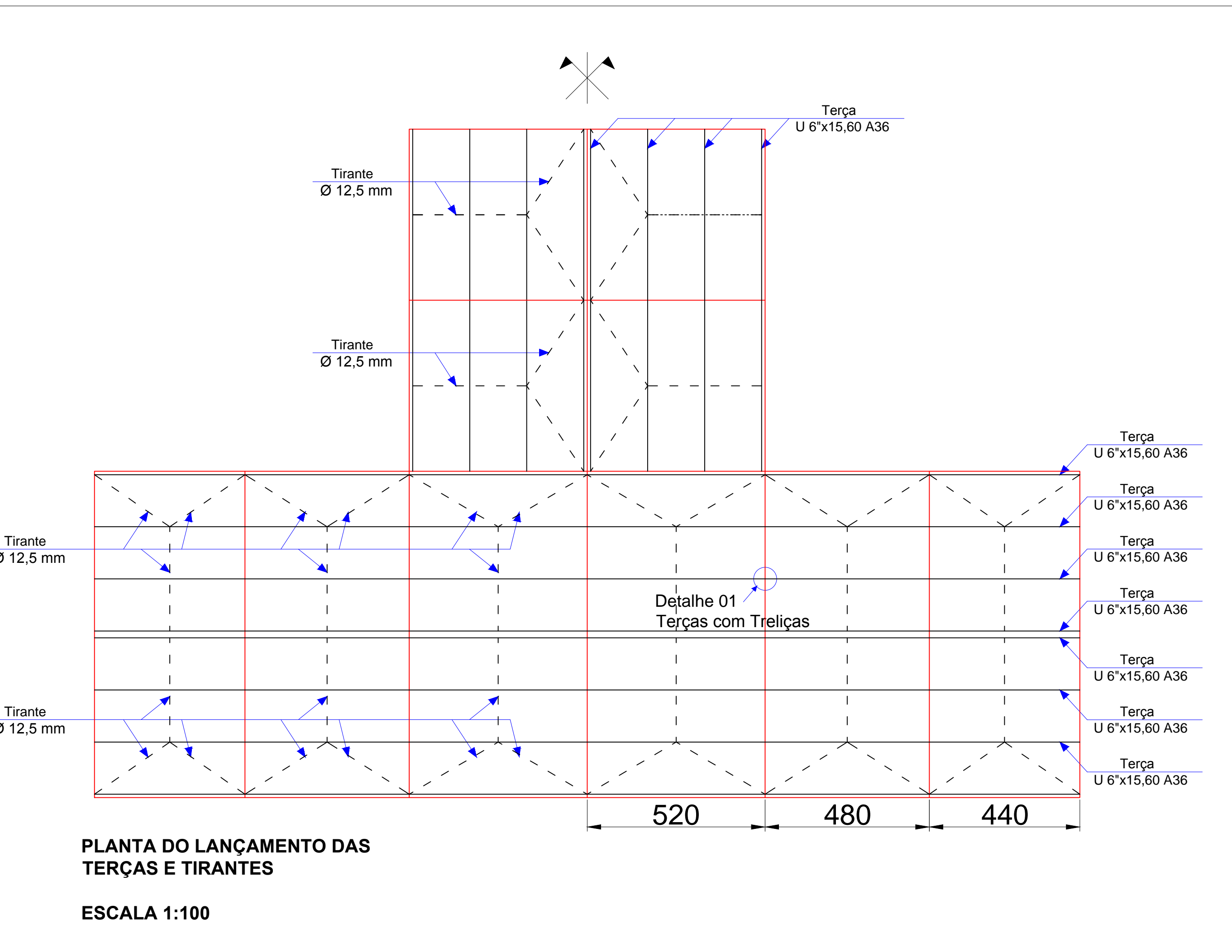
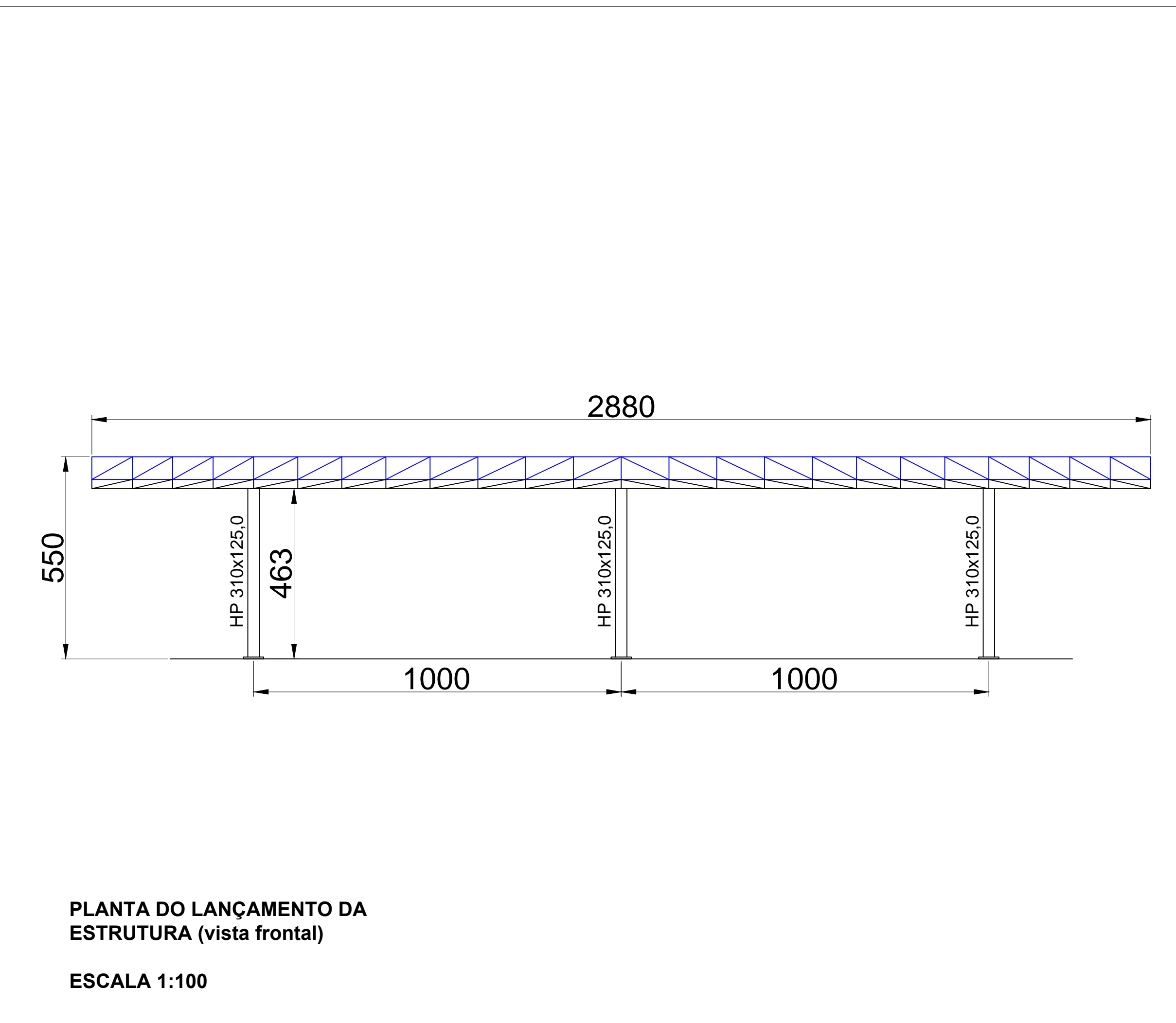
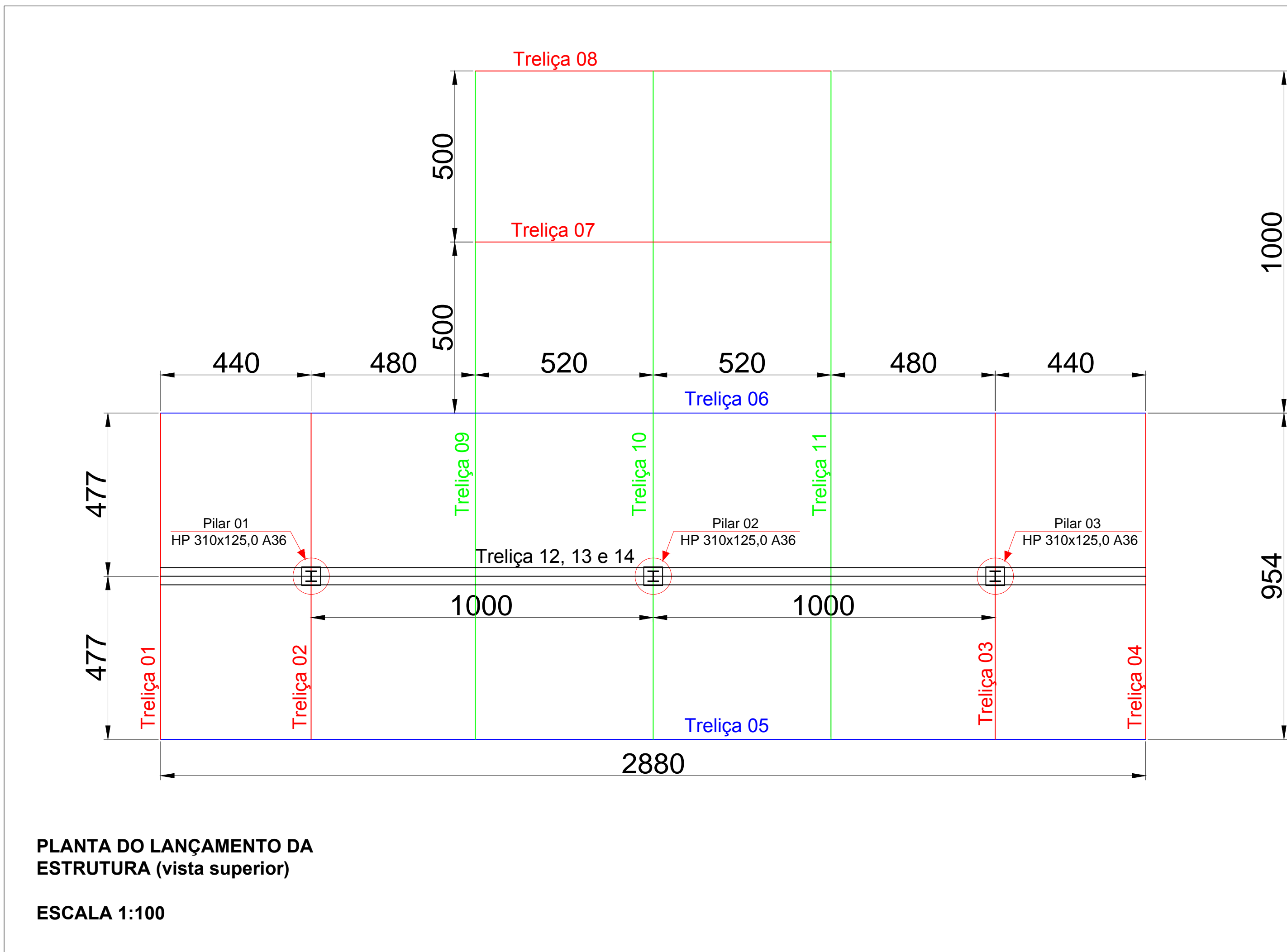
Descrição:
**DETALHAMENTO TRELIÇAS 12,
13 E 14**

Data:
JUNHO/2014

Escala:
INDICADA

Prancha:

5/6



DETALHE DE LIGAÇÃO TERÇA COM TRELIÇA

Terça U 6"x15,60 A36

Paraf. Ø 1/2" (A490)

2 Paraf. Ø 1/2" (A490)

Banzo Sup. Trelça 11 2 L101,6x12,7

Cantoneira de Apoio L63,5x6,35

DETALHE 01 ESCALA 1:10

PROJETO POSTO DE COMBUSTÍVEIS
ROD. BR101 S/N KM 224 + 920m, PALHOÇA - SC

Projeto:	Dimensão:	Data:	Prancha:
Projeto de Estrutura Metálica	Projeto de Estrutura Metálica	JUNHO/2014	6/6
Descrição:	Descrição:	Escala:	INDICADA
PLANTAS DE LANÇAMENTO DA ESTRUTURA	PLANTAS DE LANÇAMENTO DA ESTRUTURA	INDICADA	